LEGES OSCILLATIONIS

ORIUNDAE

SI DUO CORPORA DIVERSA CELERITATE OSCILLANTIA ITA CONJUNGUNTUR UT OSCILLARE NON POSSINT NISI SIMUL ET SYNCHRONICE

EXEMPLO ILLUSTRATAE

TUBORUM LINGUATORUM.

DISSERTATIO PHYSICA

QUAM

AMPLISSIMI ORDINIS PHILOSOPHORUM CONCESSU

IN ACADEMIA FRIDERICIANA UTRAQUE HALIS CONSOCIATA

DIE X. MENSIS FEBRUARII CIƆIƆCCCXXVII.

AD VENIAM SCHOLAS ACADEMICAS HABENDI CONSEQUENDAM

PUBLICE DEFENDET

AUCTOR

WILHELMUS WEBER,

PHILOSOPHIAE DOCTOR.

ASSUMTO SOCIO

HENRICO EDUARDO FLOSS

ELBINGENSI SEMINARII REGII PHILOLOGICI SENIORE.

LITERIS GUILIELMI HAACK.

C O N S P E C T U S.

I N T R O D U C T I O.

§. 1. Causa soni *remotior* semper in corporibus *pulsantibus*, sed non semper in corporibus *per oscillationem pulsantibus* reperitur. — In *tubis linguatis* oscillationes laminae metallicae efficiunt, ut flumen aëris per tubum progrediens periodice intercipiatur. — Instrumenta musica, in quibus aër sonat, ad tres classes redacta.

§. 2. *Instrumentum linguatum.* — Leges hujus instrumenti non mutantur, si foramen brevi cylindro obtegitur. — Tres leges de sono *instrumenti linguati.*

§. 3. *Tubus labiatus.* — *Instrumentum linguatum* cum labiis *tubi labiati* comparatum.

P A R S P R I M A.

Consideratio legum et conditionum in universum, secundum quas aër, tubo inclusus, et lamina metallica, diversa celeritate oscillantes, talem mutuum influxum exserunt, ut oscillatio eorum synchronica fiat.

§. 4. Instrumenta musica, quae cum *instrumento linguato* et *tubo linguato* ad unum pertinent genus. — Tres classes methodorum sonos in *tubis linguatis* excitandi. — Ope *instrumenti linguati* tubus utraque extremitate clausus sonare potest.

§. 5. Constructio *instrumenti linguati.*

§. 6. *Tubus linguatus* a lingua nunc in *tubum apertum*, nunc in *tubum tectum* commutatur.

§. 7. Oscillationes utriusque instrumenti in *tubo linguato* conjuncti semper synchronicae sunt, quando *tubus linguatus* sonum profert. — Nunc lingua aëri accommodatur, nunc aër linguae, nunc utrumque invicem.

§. 8. In *tubo linguato* a linguae natura determinatio pendet *octavae* in scala musica, ad quam sonus instrumenti pertinet.

§. 9. Quinque leges de conditionibus, quibus aër linguam cogit, oscillationum numerum ipsi proprium mutare; et contra, quibus conditionibus lingua aërem cogit numerum oscillationum ipsi proprium mutare; denique, quibus conditionibus utriusque oscillationes mutantur.

P A R S S E C U N D A.

Expositio legum e periculis, secundum quas aër tubo inclusus et lamina metallica talem mutuum influxum exserunt, ut oscillatio eorum synchronica fiat.

§. 10. Leges ex ordine periculorum exponuntur.

§. 11. *Prima experimentorum series*, simplicitate et numero legum, quas suppeditat, insignis.

No. 1. Tubi diversa longitudine cum *instrumento linguato* conjuncti eundem sonum proferre possunt.

No. 2. Sonus, quem *instrumentum linguatum* pro elasticitate linguae dat, adjunctis tubis, si aër methodis pag. 7. descriptis inflatur, nunquam acutior, sed tantum gravior reddi potest.

No. 3. Si sonus *tubi linguati* sonum linguae accuratissime aequat, duplici tubum inflandi ratione duo soni elici possunt, quorum gravior vel *octava* vel *quarta*, vel *tertia minore* vel alio intervallo, quod his numeris exprimitur $\frac{7}{8}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{11}{12}$ cet., ab acutiore distat.

No. 4. Hi soni diversa inflandi ratione prolati sonorum sunt limites e *tubo linguato* proferendorum: alter sonus est limes altior, alter limes gravior.

No. 5. Tubi longitudine admodum diversi, cum eodem *instrumento linguato* conjuncti, tum tantum unum eundemque sonum edunt, quum pars, qua alter alterum longitudine superat, tam magna est, ut ipsa, si sola et apertis finibus oscillet, eundem sonum, quem totus *tubus linguatus* edat.

§. 10. Experimenta Fig. 15. ante oculos proposita. — Experimentorum notis musicis expressorum tabula I. E tabula II. quinque illae leges No. 1. usque No. 5. singulae probantur.

§. 11. *Secunda experimentorum series*, sonorum altitudine accuratius definita insignis.

No. 6. Columna aëris in *tubo linguato* per nodos in sectiones separatim oscillantes divisa est. Sectio tubi inter nodum ultimum et finem tubi lingua carentem posita, dimidiam habet longitudinem ceterarnm; ad extremitatem tubi, cui lingua affixa est, sectio posita est, cujus magnitudo saepissime ceteras sectiones oscillantes aequat, nonnunquam vero tam brevis est, quam dimidia sectio, nunquam brevior.

No. 7. Si sonus *instrumento linguato* proprius per additum tubum plus quam intervallo unius *secundae* deprimitur, *tubus linguatus* $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ cet. longior est, quam *tubus apertus*, eundem sonum tanquam sonum fundamentalem edens. — Experimenta secundae seriei in Fig. 16. ante oculos proposita. — Tabula III. experimentorum notis musicis expressorum. — E tabula IV. duae illae leges No. 6. et No 7. stabiliuntur.

§. 12. *Tertia experimentorum series* amplitudine et nodorum numero, quibus columna aëris in sectiones separatim oscillantes dividitur, insignis. — Discrimen inter sonos aliquotos et sonos harmonicos.

No. 8. Sonos harmonicos *tubus linguatus* proferre nequit.

No. 9. Si *tubus linguatus* ea est longitudine, ut duos sonos, vel *octavam*, vel *quartam*, vel *tertiam minorem* formantes edere possit; hi duo soni non sunt soni harmonici, sed quisque eorum alia oscillandi ratione profertur, depressior nimirum, si *tubus linguatus* legem *tuborum tectorum* sequitur, et acutior, si *tubus linguatus* legem *tuborum apertorum* sequitur.

Experimenta tertiae seriei in Fig. 17. ante oculos proposita. Tabula V. experimentorum notis musicis expressorum. — E tabula VI. leges duae No. 8. et 9. confirmantur.

§. 13. *Quarta experimentorum series*, in qua absolutus oscillationum numerus, quo quisque singulus sonus *tubi linguati* proferebatur, ope monochordii accuratissime constituebatur.

No. 10. Si *tubum linguatum* in partes aequales dividis, ea quidem longitudine, quam *tubus apertus*, sonum linguae proferens, habet, sique restat *pars minor* quam dimidia illa longitudo, non admodum erras, si sonum *tubi linguati* aequalem sumis sono linguae, eoque minus erras, quo minor illa pars restans est.

No. 11. Sin autem *pars major* quam dimidia illa longitudo restat, non admodum erras, si sonum *tubi linguati* secundum legem *tuborum tectorum* constituis, ita, ut e sonis, quos *tubus tectus* longitudine *tubi linguati* edere potest, eum eligas, qui est gravior quam sonus linguae, simul vero huic proximus. Haec lex eo minus fallit, quo major illa pars restans est.

Experimenta quartae seriei in Fig. 18. ante oculos proposita. — E tabula VII. experimentorum duae leges No. 10 et 11. probantur.

§. 14. *Lex generalis*, qua sonus cujusque *tubi linguati* methodo pag. 7. descripto excitatus constitui et praedici potest, et signis analyticis et verbis expressa.

§. 15. Indicantur *leges generales*, quibus sonus cujusque *tubi linguati*, alia methodo excitatus constitui et praedici potest. Experimenta quibus hae leges, quae hoc loco tantum indicari possunt, probantur, alio loco exponentur. — Denique omnes leges *tuborum linguatorum* diversis rationibus sonantium una formula comprehenduntur. — Adnotationes de omnibus his legibus.

Conspectus tabularum hoc libello comprehensarum.

TABULA I. pag. 20., et TABULA II. pag. 21. et ad finem libelli et *Figurâ* 15. probatur, si *instrumentum inguatum* cum tubis diversae longitudinis conjunctum, eundem semper sonum prodat, discrimina longitudinum *tubi linguati* semper esse multipla quaedam *tubi* in utroque fine *aperti*, eundem sonum tanquam sonum fundamentalem prodentis

TABULA III. pag. 24., et TABULA IV. pag. 25., et *Figurâ* 16. probatur, et longitudinem *tubi linguati* in sonis, a sono linguae (si haec separatim oscillet) remotioribus, multiplum esse quoddam longitudinis *tubi aperti* eundem sonum tanquam sonum fundamentalem proferentis, addita dimidia ejusdem parte.

TABULA V. pag. 28., et TABULA VI. pag. 29. et ad finem libelli, et *Figurâ* 17. prabatur, quemque duorum sonorum qui nonnunquam ex eodem *tubo linguato* elici possunt, ad seriem sonorum aliquotorum propriam quandam pertinere.

TABULA VII. pag. 34., et *Figurâ* 18. comparantur numeri experimentorum cum numeris e legibus No. 10. et 11. pag. repetitis.

INTRODUCTIO.

§. 1.

De causis soni; et de instrumentis musicis, in quibus aër sonum gignit, in tres classes redigendis.

Causa soni in universum partim in Organo auditus posita est, et *causa* soni *interna* appellatur, partim a motu corporum externorum aurem circumdantium pendet, et *causa* soni *externa* appellatur. Proxima soni causa externa motus est aurem ipsam attingens et percellens, nempe series undarum, i. è. oscillationum progressivarum, percussiones propagantium; causa vero undarum illarum, i. e. percussiones, quae excitaverunt undas, causa soni remotior est. Si oscillationem appellamus cursum et recursum particularum corporis *contentione ad aequilibrium restituendum ortum*, facile intelligitur, *remotam* soni causam non semper in oscillatione positam esse, proximam vero semper *progressiva* oscillatione contineri *). Insecta v. c. quaedam volantia motu alarum sonum certae altitudinis proferunt; alae vero neutiquam vi ipsis insita, earumque partes ad aequilibrium repellente agitantur, sed vi *extra alas* posita, musculorum nimirum et nervorum. *Remota* igitur soni causa semper in corporibus *pulsantibus*, sed non semper in corporibus *per oscillationem pulsantibus* reperitur. Jam vero, quia oscillatione fixa semper pulsationes isochronae, eaeque saepe celerrimae, excitantur, oscillationes fixae aptissimae sunt ad sonos certae altitudinis clare proferendos. Alii corporum motus haud facile modo tam aequabili et regulari repetuntur, ideoque facilius strepitum quam sonum certa altitudine distinctum efficiunt. Sunt tamen aliqui motus, quibus sine oscillatione pulsus iso-

*) Discernendum est inter oscillationem *progressivam*, et *fixam*. Undae in aqua commota oriundae, et undae soni propagati, oscillatione progressiva oriuntur. Motus chordae, aut aëris in tubo, sonum gignens, oscillatio fixa dicitur. Oscillatio *progressiva* v. c. aëris locum habet, si particulis aëris *successive* motus oscillatorius communicatur, ita ut vicinae aëris particulae oscillationem quamque sibi communicatam successive incipiant et finiant. Oscillatio enim propagari et progredi videtur. Complexio omnium particularum ab uno eodemque percussu propagato simul commotarum et oscillantium *unda* dicitur. Oscillatio *fixa* haec est, ubi omnes particulae corporis v. c. aëris tubo inclusi oscillationem *simul* incipiunt et finiunt et hoc mòdo saepius repetunt. Hic complexio particularum simul oscillantium (uuda) non progreditur. Vide Wellenlehre auf Experimente gegrüudet von den Brüdern E. H. Weber u. W. Weber. Leipzig 1825, p. 3.

chroni celerrimi proferuntur. Huc pertinet motus continuus corporis aequalibus intervallis interceptus vel *impedimento periodice ipsi objecto*, vel *impedimento constanti a corpore periodice superato*. Exempli causa flumen aut aquae aut aëris periodice et regulari modo interceptum sonum certae altitudinis in instrumento musico, a *Caignard Latour* invento et *Sirena* ab eo appellato, profert. Vid. Fig. 5. — Sirena enim ita constructa est, ut continuum aëris flumen, per parvum foramen emissum, periodice regulari modo intercipiatur. Tegitur enim foramen illud disco horizontali, prope circumferentiam locis aeque invicem distantibus perforato. Discus circa axem rotatus foramen nunc claudit, nunc aperit. Aperit enim, si locus ejus perforatus cum foramine convenit, et claudit, si locus non perforatus foramen illud tegit, per quod flumen emittitur. Flumen igitur eo saepius certo temporis spatio intercipitur, quo celerius discus circa axem rotatur et quo plura foramina disco sunt incisa. Flumen interceptum, si per foramen prorumpit, aërem percellit externum, itaque, si uno minuto secundo saepius quam sedecies *) prorumpit, hae percussiones, tam celeriter repetitae, sonum efficiunt. Ex hoc instrumento idem sonus profertur, sive flumen aëris foramen permeat, sive flumen aquae, celeritate scilicet disci non mutata. Simili modo sonus certae altitudinis profertur, si acies corporis rigidi in corporis superficie, cui lineae parallelae, aeque distantes, sibique satis vicinae impressae aut insculptae sunt, uniformiter et celeritate constante movetur. Acies enim, cuius motus impedimento, a lineis insculptis orto, intercipitur, superficiem illam et aërem totidem percellit, quoties a lineis in motu impeditur; itaque sonus eo acutior profertur, quo celerius acies movetur, eo magis distinctus et clarus est, quo aequaliore celeritate acies movetur, et quo magis distantiae linearum in superficie insculptarum sibi aequales sunt. Eadem soni causa est, quae diruptione successiva et aequabili telae e filis sericis subtilissimis contextae oritur. Quot enim paribus temporis intervallis singula telae fila rumpuntur, tot aër disruptionibus percellitur. Cum his sonum ciendi rationibus illa comparari potest, quum digitus in tabula lignea admodum laevi promovetur. Motus enim digiti *adhaesione nunc impeditus*, *nunc impedimentum superans*, tabulam periodice et tam celeriter percellit, ut sonus ingratus quidem, altitudine tamen certa insignis oriatur. Hae pulsationes digiti non auribus solum, sed etiam tactu digiti ipsius sentiuntur. Simili modo si aciem instrumenti ferrei, *radulae* **), super planum tabulae aeneae admodum laevis traducimus, pulsationes aciei nonnunquam inde ortae sonum auribus perceptum, certa altitudine excitant, postea oculis etiam radulam lineas parallelas multas sibi proximas, paribus fere intervallis distantes, aeri incidisse cernimus, hocque modo numerum pulsatio-

---

*) Pro diversitate aurium triginta vel triginta duo oscillationes simplices uno minuto secundo peractae sonum gravissimum efficiunt. Duae autem oscillationes simplices constituunt pulsum.

**) Hoc instrumentum a sculptoribus germanice appellatur „*der Schaber.*“

num perspicimus. Acies enim in motu a tabula aenea iterum iterumque impedita tabulae has lineas parallelas insculpsit, quae sibi eo magis vicinae sunt, quo altior sonus fuit, et quo minor celeritas aciei. Hi soni plerumque impuri sunt. Ut motu continuo periodice impedito puri soni oriantur, curandum est, ut obstaculum plane regulariter et sine strepitu redeat, quod optime corporibus oscillantibus, motum impedientibus efficitur, v. c. lamina metallica in *tubis linguatis* oscillante. Vid. Fig. 8. In hoc enim instrumento flumen aëris per tubum progrediens a lamina metallica oscillante, aditum tubi tegente, aequalibus periodis intercipitur. Lamina enim oscillans aditum tubi nunc claudit, nunc aperit. Admodum errat, qui laminam oscillantem ipsam sonum immediate proferre credit. *Tubi linguati* enim, quoad causam soni, oppositi sunt *tubis labiatis*. In *tubis* enim *labiatis* Fig. 7. flumen aëris, apud *a* in tubum intrans, per rimam inter duo labia *b c* propulsum, impedimentum, adhaesione aëris ad labia oriundum, periodice superat, ideoque pulsibus celeriter repetitis propellitur. Hi pulsus in aëre stagnante tubi *b c d* oscillationes fixas excitant, ita, ut sonus proxime ab his oscillationibus, non a flumine intercepto, pendeat. In *tubis linguatis* contra oscillationes fixae linguae seu laminae metallicae efficiunt, ut flumen aëris per tubum progrediens periodice intercipiatur, ita, ut sonus a flumine intercepto, non ab oscillationibus linguae exeat. Omnia instrumenta musica, in quibus aër sonum gignit ad tres possunt referri classes, quarum

Prima ea instrumenta continet, in quibus *columna* aëris *stagnantis oscillatione fixa* sonat, quae a *flumine* aëris, constans quoddam impedimentum periodice superante, excitatur. Huc *tibiae* et *tubi labiati* referendi sunt.

Altera classis ea instrumenta continet, in quibus *flumen* aëris non oscillatione fixa, sed tantum *pulsando* sonat, dum impedimento periodice objecto, oscillatione nimirum fixa laminae elasticae vicinae, periodice intercipitur, et sic pulsare cogitur. Huc *instrumenta linguata*, vid. Fig. 2 et §. 2., *sibilatio* cum ore et fortassis vox humana, pertinent.

Tertia denique classis ea instrumenta comprehendit, quibus aër *utroque modo* eundem sonum profert, simul *oscillatione* sua fixa et *pulsibus* fluminis sui intercepti. Huc referendus est *tubi linguati* *), et instrumenta sermone patrio *Oboe*, *Fagott*, et *Clarinette* dicta.

Quanquam instrumenta musica permulta atque maxime usitata ad tertiam instrumentorum classem pertinent, leges tamen, secundum quas sonos proferunt, earumque theoria

---

*) *Instrumentum linguatum*, quod paragrapho 2. describetur discernimus a *tubo linguato*. Fig. 2. *instrumentum linguatum*, Fig. 8. *tubum linguatum* monstrat, i. e. tubum, cujus altera extremitas *instrumento linguato* instructa est, et qui simul tam longus est, ut columna aëris a tubo inclusa vim in sonum gignendum habeat. Tubi igitur *instrumento linguato* instructi, quorum columna aëris ob brevitatem nullam vim in sonum gignendum habet, pro *instrumentis linguatis* habendi sunt. Intelleximus enim periculis sonum talis *tubi* brevissimi *linguati* non mutari, si dimidia tubi pars secundum longitudinem ejus absecatur, itaque tubus secundum totam longitudinem aperitur et in semi-cylindrum mutatur.

omni fere ex parte latent. Operae pretium esse igitur arbitratus sum, simplicissimum instrumentum tertiae classis eligere, causasque sonorum ab eo productorum scrutari, *instrumenta* nempe *linguata cum tubis conjuncta.* Priusquam igitur de effectu *instrumentorum linguatorum cum tubis conjunctorum* disseram, de sonis *instrumentorum linguatorum* separatim, nec non de sonis *tuborum labiatorum* sigillatim nonnulla praemittenda erunt.

§. 2.

De sonis instrumentorum linguatorum.

In tabula aenea crassiore Fig. 2. *a b c* foramen *d e f* rectangulum perpendiculariter incisum est, in cujus alterutro fine *f* extrema pars laminae metallicae *g h f* admodum tenuis et rectangulae illi tabulae firmissime affigitur. Magnitudo et forma hujus laminae ita magnitudini et formae foraminis respondet, ut lamina hoc claudere possit, marginibus ejus intactis, itaque impulsa libere oscillare, simul vero aëri transitum ab altera tabulae superficie ad alteram praecludere. Extremitas hujus laminae non affixa paululum ita flexa est, ut, si lamina quiescat, foramen non omni ex parte claudatur; contra vero, si lamina oscillando foramini admoveatur, perfecte occludatur, ita, ut, si lamina oscillat, aëri transitus per foramen periodice praecludatur et aperiatur, et sic flumen aëris per foramen penetrare conans periodice intercipiatur.

Leges hujus instrumenti non mutantur, si foramen rectangulum tabulae aeneae sirevi cylindro obtegitur, cujus extremitas anterior clausa est, ut Fig. 3 et 4 indicat. *a e l k* est tabula aenea foramine rectangulo instructa, in cujus fine *g h* lamina metallica firmisbme affixa est. In superficie inferiore tabulae aeneae *a e l k* semicylindrus *a b c d e f* agglutinatus et ferruminatus est, cujus extremitas anterior operculo *a b c d e* clausa est. Hic tubus tabulae aeneae hoc modo applicatus nullam habet vim in proferendo sono et in determinanda ejus altitudine, sed inservit solum, ut flumen aëris per rimam inter laminam et tabulam aeneam facilius et rectius mitti possit. Omnis enim capsula *a b c d e f*, quam format instrumentum linguatum cum applicato semicylindro, ori vel cistae ventum moventi includitur, ita, ut ventus tantum ex orificio *f* exire possit.

De sono *instrumenti linguati*, ejusque productione hae tres valent leges:

1) Experientia docet, sonum, qui ab *instrumento linguato* edatur, non mutari, etiamsi foramen tabulae aeneae latitudine et longitudine laminam elasticam paulisper superet, ita, ut inter tabulam et laminam rima intersit. Quo major est rima, eo difficilius est, sonum proferre, eo minus ejus fortitudo vel augeri vel minui potest. Altitudo vero immutata manet.

2) Altitudo soni non pendet a celeritate fluminis aëris, sed a sola vi elastica et longitudine laminae, eodem modo, quo altitudo soni laminae separatim oscillantis inde

pendet. Itaque sonus in *instrumento linguato* per flumen aëris excitatus, et sonus laminae metallicae separatim oscillantis altitudine plane aequali sunt. V. c. lamina $12\frac{1}{2}'''$ longa, $2\frac{1}{2}'''$ lata, $\frac{1}{5}'''$ crassa, alterutra extremitate firmiter infixa, separatim oscillans sonum $\bar{g}$ edidit. Si sexta ejus pars abscinderetur, secundum legem laminarum oscillantium *) sonum inter $\bar{\bar{cis}}$ et $\bar{\bar{d}}$ edere debebat, atque edidit. Si eadem lamina, antequam abscindebatur, foramini tabulae aeneae infigebatur, flumine aëris, per foramen misso, item sonus $\bar{g}$ eliciebatur, itemque sonus inter $\bar{\bar{cis}}$ et $\bar{\bar{d}}$, postquam sexta laminae pars abscissa erat. Quod experimentum ut recte succedat, utraque laminae superficies eo loco, quo infigitur, inter duos margines magna vi comprimenda est, ne affixa laminae pars simul oscillet, sonique altitudinem mutet. Quare compressi laminam cum tubo affixo, ope parvi *retinaculi (Schraubstock, étau)* in hoc experimento instituendo, ut indicavi Fig. 5. In *theoria undarum* a fratre et me edita pag. 524 nonnulla experimenta de effectu laminae paulisper contractae in *instrumentis linguatis* narravimus. Quod autem illa *instrumenta linguata* sic erant constructa, ut non utraque laminae superficies eo loco, quo figebatur, comprimeretur, sed una tantum exterior; effectum est, ut sonus laminae et *instrumenti linguati* aliquantum gravior esset, quam in hac laminae brevitate debuisset. Delineavi *instrumentum linguatum* in illis experimentis a fratre et me adhibitum Fig. 6., ubi conspicis, laminam ab una tantum parte per trabeculam *g* figi, quae ipsa per cochleam *h* moveri poterat.

3) Quanquam duo illi soni laminae separatim oscillantis et *instrumenti linguati* altitudine nihil differunt, facillime tamen doceri potest, sonum, in *instrumento linguato* per flumen aëris excitatum, non a lamina oscillante, sed a flumine aëris periodice intercepto edi. Sonus enim *instrumenti linguati* fortissimus est, et clangore peculiari plane differt a sono laminae metallicae separatim oscillantis. Sin autem lamina ejusdem *instrumenti linguati* percussu corporis rigidi oscillat, sonus tam lenis nascitur, ut ab aure aliquot pedes distante audiri nequeat. Non autem est, quod lamina oscillans sonos et fortitudine et clangore plane diversos edat, si ad oscillationem vel flumine aëris vel corpore rigido sit incitata. Ex quibus omnibus intelligitur, neque aërem per foramen tabulae aeneae fluentem, neque laminam metallicam *oscillatione fixa* sonare, sed flumen aëris per foramen penetrans tantum *pulsando* sonare, dum oscillatione laminae periodice intercipiatur et condensetur, et periodice transmittatur et extendatur, sicque aërem externum pulsibus percellat, qui sonum constituunt.

---

*) Si longitudines duarum laminarum materiâ et crassitudine aequalium sunt ut 5 : 6, numeri oscillationum laminarum sunt ut 36 : 25, quae ratio oscillationum intervallum indicat $\bar{g} : \overset{\bar{\bar{cis}}}{\underset{\bar{\bar{d}}}{=}}$ paulisper minorem quam *quintam*. Cfr. Euler, in Actis Petropolitanis, pro anno 1779, pars I. pag. 139.

§. 3.

De sonis tuborum labiatorum.

Tubus labiatus duabus constat partibus, altera tubus cylindricus est aëre stagnante repletus, Fig. 7. *b c d*, qui occillatione fixa sonare potest, altera tubus conicus est *a b c*, in quem flumen aëris per aperturam *a* intrat, et e quo idem flumen per rimam *b c* exit. Hoc flumen adhaesione aëris ad margines rimae *b c* periodice in cursu impeditur, periodice vero hoc impedimentum, aucta densitate et impetu suo, superat. Haec conica pars igitur tubo ideo addita est, ut flumen aëris per rimam *b c* prodiens, periodice interceptum, intermissionibus suis et pulsibus aërem in tubo *b c d* percellat, hocque modo *oscillationem fixam sonantem* in hoc aëre excitet. Conica igitur haec pars eundem usum habet in *tubo labiato*, quam arcus *Violinae* ad sonos *Violinae* excitandos. *b c d* est tubus, cujus aër sonat, *a b c* est tubus, cujus aër sonum elicit. Aërem sonantem in tubo *b c d* stagnare flamma indicatur, quae orificio *d* admota non inflectitur.

De sono *tubi labiati*, ejusque productione hae valent leges:

1) Aër tubo *b c d* inclusus aut totus oscillare, aut *nodis (Schwingungsknoten, noeuds de vibration)* in 2, 3, 4 aut plures partes divisus oscillare potest. Soni, quos aër in plures partes separatim oscillantes divisus edit, semper harmonicam habent relationem ad illum sonum, quem aër tubi non divisus edit.

2) Flumen aëris e rima *b c* prodiens non potest in aëre tubi *b c d* alios sonos elicere, nisi illum sonum fundamentalem, quem secundum leges physicas totus aër tubo *b c d* inclusus pro longitudine et ambitu suo edere potest, aut sonos harmonicos, quos idem tubus divisione aëris in plures sectiones oscillantes proferre potest, neutiquam vero sonos, qui inter sonum fundamentalem et sonos harmonicos intersunt.

3) Num ex aëre tubo *b c d* incluso sonus fundamentalis, an certus alius sonus harmonicus eliciatur, pendet a numero intermissionum, quas flumen aëris e rima *b c* prodiens patitur, qui quidem major est, si, in eadem celeritate fluminis, rima angustior, aut si, in eadem rimae amplitudine, flumen celerius. Is nimirum sonus elicitur, *cujus numerus oscillationum numero intermissionum aëris e rima b c effluentis optime respondet.*

4) Inde intelligitur, rimam *b c tubi labiati* similem effectum proferre, quem *instrumentum linguatum*, flumen nimirum aëris per aperturam penetrans intercipiendi, sed tam exiguum, ut pulsationes fluminis aëris inde oriundae ipsae sonum clarum et perspicuum proferre nequeant, sed tantum idoneae sint ad oscillationem sonantem in aëre tubi *b c d* commovendam.

Quaeritur igitur, quid efficiatur, si *instrumentum linguatum* cum *tubo* conjungatur, i. e. duo instrumenta musica componantur, quorum alterum per intermissiones in flumine aëris productas, alterum per oscillationes fixas sonat. Haec vero instrumenta composita tertiam classem instrumentorum, in quibus aër sonat, constituunt.

PARS PRIMA.

Consideratio legum et conditionum in universum, secundum quas aër, tubo inclusus, et lamina metallica, diversa celeritate oscillantes, talem mutuum influxum exserunt, ut oscillatio eorum synchronica fiat.

§. 4.

Nunc simplicissimam *instrumenti linguati* cum *tubo* conjunctionem contemplabimur. Quia enim in permultis instrumentis ejus generis *(Oboe, Klarinette, Fagott) instrumentum linguatum* imperfectius est, aut plane abest, dum labia oris humani vices ejus agunt (in cornibus — *Waldhorn*, *Posaune*, *Trompete*), quia porro tubus per oscillationem sonans in his instrumentis aut perforatus aut incurvatus est, aut amplitudine inaequalis; leges, quibus haec instrumenta e *tubis* et *instrumentis linguatis* composita subjecta sunt, difficiliores erunt ad eruendum.

Tubus vero cum *instrumento linguato* diversis modis conjungi potest, itemque diversis modis flumen aëris in *instrumentum linguatum* et in tubum intrare et inde exire potest. Omnes casus hac diversitate oriundi in tres redigere classes licet. Dictum est supra, pag. 4., extremitatem liberam laminae seu linguae *instrumenti linguati* Fig. 2. paulo ita flexam esse, ut, linguâ quietâ, apertura tubi, quam tegit, aperta sit. Jam vero flumen aëris aut ita excitatur, ut linguam versus aperturam tubi *deprimere*, et sic hanc aperturam claudere tendat, quod elacticitate linguae impeditur, quae linguam ad illum situm quietum reducere nititur; aut flumen ita movetur, ut linguam, cujus extremitas libera ab apertura tubi paululum jam remota est, magis adhuc *removeat*, ita, ut tubus, cujus foramen, lingua quiescente, jam apertum est, magis adhuc patulus fiat. In prima classe methodorum sonos excitandi, tubus saepius eas in oscillando leges sequitur, quae pertinent ad tubos, quorum alterutra apertura clausa est. In altera classe methodorum sonos e *tubis linguatis* eliciendi, tubus saepius eas in oscillando leges sequitur, quae ad tubos pertinent, quorum utrumque foramen apertum est. Tertia denique classis utrique priori opposita est; in illis enim flumen aëris totum tubum *permeat*, in hac vero *non* item.

Classis prima methodorum sonos in tubis linguatis excitandi, in quibus flumen aëris linguam in foramen instrumenti deprimit, idque claudere tendit.

Casus primus. Fig. 8. *instrumento linguato cf* tubus *yz* applicatur, et cera Hispanica firmiter agglutinatur, hoc modo, ut pars linguata instrumenti extra tubum posita sit, non tubi cavitate contineatur. Linguata haec pars ori aut alii venti receptaculo ita immittitur, ut lingua non tangatur, flumen aëris autem ex ore aut venti receptaculo sub *lingua* intrare et ex altera tubi extremitate exire cogatur, quod venti iter Fig. 8. telorum directione indicatum est. Flumen aëris hac ratione linguam in foramen deprimit, sicque ab initio foarmen claudit; mox vero linguae elasticitas, quae ipsam ad situm quietum reducere co-

natur, ventum superat, linguam reprimit, tubum aperit, vento introitum in tubum parat sicque pressionem venti imminuit, ideoque, vento non amplius obstante, ultra situm quietis reflectitur, et sic oscillando tubum periodice claudit et aperit, flumenque totidem intercipit. Flumen, dum intercipitur, condensatur, et, si tubus aperitur, vi magna in eum irruit, aërem tubo contentum percellit, oscillationemque ejus fixam movet. Hac oscillatione autem fixa aër tubo comprehensus nunc condensatur, nunc extenuatur. Quae aëris in tubo extenuatio et condensatio et ipsa liberam linguae oscillationem impedire potest. Si enim aër tubi prope aperturam, quam lingua tegit, eo temporis momento condensatur, quo lingua in aperturam deflectitur, aut si aër eodem in loco eo temporis momento extenuatur, quo lingua antea in aperturam depressa reflecti incipit, uterque hic motus aut retardatur aut plane impeditur. Si contra aër tubi prope aperturam, quam lingua tegit, eo temporis momento extenuatur, quo lingua in aperturam deflectitur, aut si aër eodem in loco eo temporis momento condensatur, quo lingua antea in aperturam depressa reflecti incipit, uterque hic motus acceleratur. Hinc fit, ut oscillationum celeritas ab elasticitate et mobilitate linguae pendens vario modo immutari possit. Ut motus linguae oculis contemplari possint, necessarium est, linguatam partem non ori sed tubo vitreo ampliori immittere, interstitium orificii, in quod pars linguata immissa est, explere et claudere et per alterum finem tubi vitrei aërem inflare.

Casus secundus. In eodem instrumento Fig. 9. delineato ventus opposito modo excitari potest. Si enim extremitas tubi z ori immittitur, aërque tubi sugendo extenuatur, aër densior partem linguatam extrinsecus circumdans in spatium tubi aëre tenuiore repletum intrare cogitur, modoque supra descripto linguam ad oscillationem impellit et aërem tubi periodice percellit. Si pars linguae affixa ab utraque superficie comprimitur, sicque plane immobilis redditur, ut indicatum est Fig. 5., iidem soni hic sugendo excitantur, qui in casu primum enarrato aërem inflando proferuntur. Simul tremores linguae oculis patent. Si vero pars linguae affixa in externa superficie apprimitur, ideoque paulisper in cavum tubi inflecti potest, quod indicatum est Fig. 6., hac sonos excitandi methodo soni paulo graviores eliciuntur, quam illi, qui ex eodem instrumento aëre inflato excitantur.

Casus tertius. Fig. 10. *Instrumentum linguatum* in tubum ampliorem ita immittitur ut linguata pars tubo contineatur, tubumque non tangat; spatium inter hunc tubum et *instrumentum linguatum* materiâ quadam expletur et sic clauditur. In alterum tubi finem ori immissum aër inflatur, qui linguam ag tubo inclusam commovet, singulisque pulsibus in *instrumentum linguatum* intrat et per finem ejus exit. Hic casus hac re diversus est ab antecedentibus, quod oscillationes in tubo yz exortae opposito modo oscillationem linguae impediunt. Hoc enim in casu aër in tubo yz densior factus linguam in cavitatem *instrumenti linguati* deprimit, quum in casibus prioribus aër in tubo yz densior factus linguam e cavitate *instrumenti linguati* expellebat, et contra, aër in tubo yz oscillatione extenuatus linguam ex apertura *instrumenti linguati* expellit, quum in

casu supra dicto aër extenuatus tubi yz Fig. 8 et 9. linguam in aperturam *instrumenti linguati* intrahat. Quae quidem diversitas vim aliquam habet in mutandis sonis.

Classis altera methodorum sonos in tubis linguatis excitandi, in quibus nimirum flumen aëris linguam ab apertura instrumenti linguati reprimit.

Casus quartus. Instrumento linguato Fig. 11. cf tubus yz cera Hispanica firmiter agglutinatur, hoc modo, ut pars linguata instrumenti extra tubum posita sit. Finis tubi z ori aut alii venti receptaculo immittitur. Intrat igitur ibi flumen aëris, qui in parte linguata sub lingua exiens linguam *ab* magis ab apertura reflectit, quam in quieto situ reflexa est. Oscillat igitur lingua tubumque alternatim claudit, hocque modo fluminis exitum periodice cohibet, ita, ut, aëre in tubo alternatim retento, condensatio aëris oriatur, quae oscillationem aëris tubo inclusi efficit, quae motum oscillatorium linguae modo pag. 8. descripto moderatur. Oscillatio linguae et aëris tubo inclusi se invicem ita mutant, ut nova oscillatio intermedia utrique communis oriatur. Ita ventus aequalibus intervallis per aperturam instrumenti expulsus eundem sonum profert, quem aër in ipso tubo yz oscillans.

Casus quintus. Si extremitas linguata instrumenti modo descripti ore excipitur, linguâ intactâ, et reducendo aut sugendo aër ore contentus extenuatur, densior aër tubo contentus per aperturam sub lingua in os exire tendit, sicque linguam ab apertura amovens linguae oscillationes ciet. Soni hinc excitati easdem leges sequuntur, quas in casu praecedente, i. e. saepius eas, quas soni in tubo, cujus utraque extremitas aperta est. Cfr. Fig. 12.

Classis tertia methodorum sonos in tubis linguatis excitandi, in quibus nimirum flumen aëris tubum plane non permeat.

Casus sextus. Si Fig. 13. *instrumentum linguatum* tubo infigitur, cujus altera extremitas z, digito apposito, omnino clauditur, et pars linguata, intactâ linguâ, ore recipitur, aërque inflatur; flumen aëris a lingua oscillante intercipitur, oscillationesque aëris tubo contenti movet, quae alias plane leges sequuntur, quam oscillationes tubi fig. 8. delineati, digito non tecti. Leges enim oscillationis saepius cum lis conveniunt, quae secundum theoriam in tubo locum habent, qui *in utraque extremitate clausus est.* Hae vero leges eaedem sunt, quas oscillationes tubi in utroque fine aperti sequuntur. Admodum memorabilis est haec methodus propter hunc effectum, nempe, ut tubus in utroque fine clausus sonos edat.

Quas diversas sonum proferendi rationes, ut uno quasi intuitu facile perspicere possimus, paucis verbis repetamus.

Sonus in *tubo linguato* excitatur,

1) si flumen partem linguatam *claudere* tendit, linguam a parte *exteriore* premendo, Fig. 8.

2) si flumen tubum *claudere* tendit, linguam a parte interiore trahendo, Fig. 9.

3) si flumen partem linguatam *claudere* tendit ab aëre oscillante extrinsecus circumdatam, Fig. 10.

4) si flumen linguatam tubi partem *aperire* tendit, linguam a *parte interna* premendo, Fig. 11.

5) si flumen linguatam partem *aperire* tendit, linguam a superficie *externa* trahendo, Fig. 12.

6) Si flumen linguatam tubi partem *claudere* tendit clauso simul altero tubi fine, Fig. 13.

Quum longum sit, theoriam sonorum omnibus his modis excitatorum hac dissertatione exponere, et quum haec disquisitio integra una cum pluribus aliis disquisitionibus acusticis proxime edenda sit, *hoc in libello non nisi theoriam sonorum prima methodo prolatorum tradam*, et maxime tantum memorabilia quaedam, quae in reliquis methodis sonum eliciendi inventa sunt, paucis adjiciam.

§. 5.

Tubus linguatus, cujus sonandi rationem inquirere studuimus, duobus, ut supra dictum est, constat instrumentis musicis, *instrumento linguato*, quod oscillatione linguae flumen aëris intercipiendo sonat, et *tubo*, oscillatione aëris sonante, quorum instrumentorum si quodque diversa celeritate oscillat, oscillationes ita se impediunt, et coërcent, ut oscillatio quaedam intermedia oriatur. Ut haec actio et reactio alterius oscillationis in alteram periculis cognoscatur, necessarium est, ut antea perspiciatur, quid solum *instrumentum linguatum* vel solus *tubus* efficiat. Tubi igitur satis angusti et aequali amplitudine adhibendi erant, in quibus sonus ope calculi Bernoulliani et Euleriani jam e longitudine tubi accurate intelligi poterat. *Instrumenta linguata* vero admodum accurate construenda erant, ita, ut lingua aperturam accuratissime clauderet, nihilo secius vero margines tubi non tangeret, ideoque plane libere oscillare posset, porro, ut extremitas linguae libera non longius ab apertura reflexa sit, quam soni productio ejus reflexionem necessario requirat, denique, ut fixa linguae extremitas non solum ferruminando ad tubum affixa sit, verum etiam ope *retinaculi* (*Schraubstock*, *étau*) firmissime appressa et plane immobilis reddita. *Instrumenta linguata* a nobis adhibita secundum eas regulas constructa erant, quae a Strohmanno luculentius exposita sunt in *Ephemeridibus musicis* (Allg. Musikalische Zeitung XIII. Jahrgang No. 9.), et nostro consilio multo magis satisfecerunt, quam *instrumenta* illa *linguata*, quae ad haec experimenta prius *) a nobis adhibita erant. Haec enim linguis instructa erant aperturam minus accurate claudentibus et minus firmiter, ad tubum affixis, ideoque effectum minus regularem prodebant.

---

*) Wellenlehre pag. 521 sqq.

Instrumentum linguatum, quo in experimentis nunc usi sumus, hoc modo erat confectum. Pars laminae libere oscillans certâ et fixâ erat longitudine, neque ei instrumentum erat adjunctum, quo haec partis liberae longitudo ex lubitu minui liceret (*Stimmkrücke*). Cylindrus *b c d f* Fig. 3. unâ constabat laminâ metallicâ ubique aeque crassâ, convolutâ. Haec lamina non erat eo usque convoluta, ut margines ab utraque parte attingerentur, sed ut nonnullarum linearum spatio *a e f* essent disjuncti. Hoc intervallum per totam longitudinem laminâ *a e k l* ejusdem materiae eâque planâ erat tectum, cujus altera pars dimidia *g h k l* cylindro erat infixa et ferruminata, altera *a e g h* libera erat, et tanquam lamina oscillans alteri fini affixa facillime in interius cylindri spatium ingredi et egredi poterat. Hoc *instrumentum linguatum* a me adhibitum sonum $\bar{g}$ prodens, continebat aëris columnam longitudine 2″ 2‴, 2 mensurae Parisiensis, crassitudo plani aenei ad cylindrum convoluti erat $\frac{1}{3}$‴; lamina erat 1″ 0‴ 6 longitudine, 2‴ 5 latitudine, 0‴ 2 crassitudine.

Vides e Fig. 3. hunc tubum non esse formâ semicylindri, imo non multum abesse a cylindro integro, quo efficitur, ut aëris columna ubique aequali fere sit amplitudine. Orichalcum, quo tubus constabat, cylindro erat volutatum, ut et vis elastica augeretur, et materia ubique esset homogenea. Praeterea jam animadverti, laminam aperturam ei destinatam accuratissime claudere potuisse. Facile est intellectu, fabrum non nisi magna diligentia et dexteritate hanc conditionem utramque servare posse, secundum quam ex parte altera apertura a lamina ita impleatur, ut aëri externo ad internum non sit aditus, ex altera verò parte eadem lamina quam maxime mobilis sit, ita, ut praeter carceres intra et extra tubum libere possit moveri, neque tubi margines attingens impediatur. Item jam animadverti, laminam quiescentem aperturam cylindri non omnino clausisse, sed, dum quiesceret, aëris interni cum externo fuisse conjunctionem, quod efficiebatur flexione quadam laminae, qua finis *a e* Fig. 3. amovetur a cylindro.

§. 6.

Constat inter omnes, duos tubos aeque longos, quorum alter in utroque fine apertus est, alter in alterutro fine clausus, sonos fundamentales altitudine ita diversos edere, ut sonus hujus tubi, cujus altera extremitas clausa est, tota *octava* gravior sit, quam sonus tubi in utraque extremitate aperti. *Tubus linguatus* nunc ex lege tubi in altera extremitate clausi, nunc ratione tubi ab utraque parte aperti sonare potest. Etenim si lingua quiescit, tubus apertus est; lingua enim paulisper remota est ab apertura. Si vero altius in aperturam depressa oscillat, tubus in extremitate linguata clausus est. Intelligitur inde, oscillationes aëris tubo contenti linguaeque nonnunquam ita congruere posse, ut aër oscillando per aperturam extremitatis linguatae expulsus et repulsus in hoc motu a lingua oscillante omnino non impediatur, itaque aërem sic oscillare, ut in tubo,

cujus uterque finis apertus est; nonnunquam vero linguam oscillationi aëris in tubo contenti ita repugnare aut resistere, ut aër oscillans per aperturam linguatam non libere exire et redire possit, hocque modo oscillare cogatur, ut in tubo, cujus alterutra extremitas clausa est. Jam e doctrina acustica cognitum est, columnam aëris tubo contentam, cujus utraque extremitas aperta est, ita oscillare oportere, ut vel uno nodo in duas partes aequales, vel duobus nodis in tres partes, quarum duae extremae duplo sunt minores quam media pars, vel tribus nodis in quatuor partes cet. divisa sit, ubi semper duae partes extremae dimidia sunt longitudine partium intermediarum. Columnam vero aëris tubo contentam, cujus alterutra extremitas clausa est, ita oscillare, ut vel per nodum plane non divisa, aut uno nodo in duas partes discreta, aut duobus nodis in tres partes disjuncta oscillet, semper autem ea pars extrema columnae, quae apertae extremitati proxima est, duplo brevior sit quam reliquae partes oscillantes, in quas columna nodorum interpositione discinditur. Hinc fit, ut sonus gravissimus tubi ab utraque parte aperti numerum oscillationum habeat duplo majorem quam sonus gravissimus tubi cujus alterutra extremitas clausa est, hocque modo totâ octavâ acutior sit. Inde derivandum quoque est, tubum nulla parte clausum, si duobus nodis divisus est, numerum oscillationum, bis majorem, si tribus nodis disjunctus est, numerum oscillationum ter majorem peragere quam idem tubus uno nodo divisus. Itaque si sonus maxime gravis hujus tubi *c* est, si tubus duobus nodis dividitur, sonus est *c*, si tribus nodis dividitur, sonus est $\bar{g}$. Contra vero tubus alterutra extremitate clausus ejusdem longitudinis, si, nullo nodo divisus, sonum *C* profert, numerus oscillationum; si tubus uno nodo disjunctus est, ter est major, itaque sonus *g* profertur; si tubus duobus nodis dividitur, numerus oscillationum quinquies est major, itaque sonus $\bar{e}$ profertur. Quae diversitas serierum sonorum a *tubis tectis* et *non tectis* editorum non praetermittenda est in *tubis linguatis*. Hi enim tubi nunc ut *tubi tecti* sonant, nunc, si longitudo tubi certam rationem ad numerum oscillationum linguae habet, ut *tubi non tecti* oscillant.

§. 7.

Prima et gravissima *lex*, quae valet de *tubis linguatis*, haec est. (Exposuimus pag. 6 et 10., *tubum linguatum* duobus instrumentis musicis esse compositum.)

Oscillationes utriusque instrumenti in tubo linguato conjuncti semper synchronicae sunt, quando tubus linguatus sonum profert.

Exposuimus pag. 11., qyomodo oscillationes utriusque instrumenti invicem influere, seque mutare et accommodare possint. Inprimis vidimus, laminam in aëris oscillationes influere posse eo, quod aërem cogat modo legem *tuborum tectorum*, modo legem *tuborum non tectorum* sequi. Quaeritur, quomodo, et secundum quas leges hoc mutuo influxu synchronismus illarum oscillationum vere efficiatur, i. e. quaeritur

1) quomodo oscillationes aëris in tubo extremitate linguata *non clausa* synchronicae fiant cum oscillationibus linguae;

2) quomodo oscillationes aëris in tubo extremitate linguata *clausa* cum oscillationibus linguae synchronicae fiant.

Si nimirum numerus oscillationum aëris in tubo sponte non congruit cum numero oscillationum linguae, duplex casus occurrere potest, ut aut oscillationes linguae et aëris se plane impediant et nulla oscillatio fixa nascatur, aut ut utraque oscillatio ita adaptetur et accommodetur, ut lingua et columna aëris aequali celeritate et perfecta congruentia oscillent, sublata antea illa repugnantia. Repugnantia autem inter oscillationes linguae et aëris quadruplici modo auferri, sicque motus oscillatorius aëris et linguae congruens reddi potest.

Primum enim *lingua* ab aëre cogi potest, ut tardius aut celerius oscillet, quam elasticitas ejus postulat, numerumque oscillationum *numero oscillationum aëris non mutato* adaptet.

Deinde aër a lingua cogi potest, ut tardius aut celerius oscillet, quam longitudo tubi aëre repleti id postulat, numerumque oscillationum *numero oscillationum linguae non mutato* accommodet.

In tertio et quarto casu tam lingua quam columna aëris celeritatem oscillationum mutant, ita tamen, ut

tertio, columna aëris oscillationum numerum longitudini ejus respondentem *minus*, *lingua oscillationum* numerum *magis* mutet;

quarto, *lingua* oscillationum numerum *minus* mutet, *aëris columna* oscillationum numerum *magis* mutet.

Et profecto hanc quadruplicem rationem, qua oscillationes linguae et aëris discrepantes synchronicae reddi possunt, sub diversis conditionibus vere locum habere, periculis saepe iteratis, semper comprobatum invenimus, conditionesque ita intelleximus, ut praevidere possimus, quisnam casus locum habeat, si tubi diversae longitudinis cum certo *instrumento linguato* conjunguntur, atque sonum ante determinare possimus, qui conjunctione horum duorum instrumentorum oriatur.

§. 8.

Sed antequam hanc quadruplicem rationem accuratius exponamus, *lex altera* maxime universalis, quae valet de *tubis linguatis*, edicenda est, de influxu, quem oscillatio linguae et aëris semper invicem exercent, et quo oscillandi ratio *tubi linguati* inprimis differt ab oscillandi modo, quem aër in tubo, cui nulla lingua apposita est, sequitur. Vi et influxu linguae aër tubo inclusus impeditur, quo minus vel vehementiore vel leniore flatu diversos sonos harmonicos edat. Aër enim tubi lingua non instructi pro diversitate fluminis, quo afflatur, diversos sonos harmonicos edit, qua in re maximum im-

pedimentum positum est, quo minus fortitudo sonorum e *tubis labiatis* prolatorum pro lubitu vel augeri vel minui possit, quod in arte musica maxime optatur. In *tubis linguatis* fortitudo soni mirum in modum augeri et minui potest, nullo alio sono admixto, quare *tubi linguati* in arte musica commendatu dignissimi sunt. Lingua nimirum efficit, ut e *tubo linguato* unus tantum sonorum elici possit, ad quos proferendos tubus lingua non instructus aptus est. *Cogitur enim aër tubo inclusus a lingua eum sonum* vel fundamentalem vel harmonicum *edere, qui gravior, simul vero sono proximus est, quem lingua instrumenti linguati propter elasticitatem edere propensa est* *); itaque dicendum est,

altitudinem soni in universum a linguae natura seu ab instrumento linguato pendere, quia inde pendet determinatio octavae in scala musica, ad quam sonus instrumenti pertinet. A linguae natura, seu a sono instrumenti linguati, pendet numerus nodorum, quos aër oscillans in tubo format.

Nonnunquam vero *tubus linguatus* inflatu leniore aut vehementiore duos sonos deinceps proferre potest, sonans nunc ut tubus utraque extremitate apertus, nunc ut tubus alterutra extremitate clausus.

§. 9.

Leges, quibus intelligitur, sub quibus conditionibus aër tubo comprehensus linguam cogit, oscillationum numerum ipsi proprium mutare, et contra, sub quibus conditionibus lingua aërem in tubo cogit, numerum oscillationum ipsi proprium mutare; denique, sub quibus conditionibus tum oscillationes aëris tubo comprehensi, tum oscillationes linguae mutantur, siquidem sonus tubi linguati modo pag. 7. descripto, Fig. 8. delineato, excitatur.

Quae quidem leges quinque continentur enunciationibus:

1) Duo instrumenta in *tubo linguato* conjuncta (*instrumentum linguatum* et *tubus* aëre repletus) influxum mutuum, quo oscillationum numerus mutetur, non exerceant necesse est, si numerus oscillationum utriusque instrumenti plane concordat, i. e. si tubus aëre repletus, ut tubus plane apertus oscillans, eam longitudinem habet, ut eundem oscillationum numerum, ideoque eundem sonum proferat, quem *instrumentum linguatum*, cum ipso conjunctum, pro elasticitate linguae.

2) Tubus aëre repletus, tam longus, ut, si modo tubi aperti, vel sonum fundamentalem vel harmonicum quendam proferentis oscillaret, pro longitudine sua eundem

---

*) Supponimus linguam satis *crassam*, v. c. talem quam pag. 11. descripsimus. Nam linguarum admodum *tenuium* vim periculis explorare nondum studuimus, futuro tempore autem studebimus. Supponimus porro sonum semper methodo illa pag. 7. descripta fig. 8. delineata excitari, qua flumen aëris partem linguatam claudere tendit, linguam a parte externa premendo. De hac enim methodo nunc tantum disseritur, vid. pag. 10.

numerum oscillationum proferret, quem *instrumentum linguatum*, ille igitur tubus profert numerum oscillationum a numero oscillationum linguae, quantum per legem pag. 14. edi- etam licet, *maxime discordantem* *), si cogitur, ut tubus alterutra extremitate *clausus*, oscillare. Hoc fit, si lingua flatu certo gradu vehementi in aperturam depressa tenetur. In hac *discordantia*, inter oscillationes tubi et oscillationes linguae *maxima*, tubus, aëre repletus, legem *tuborum tectorum* sequens, numerum oscillationum longitudini ipsius respondentem non mutat, linguam autem cogit, ut oscillationum numerum, elasticitati suae respondentem, magnopere mutet, oscillationibusque tubi adaptet, ita, ut lingua

ab aëre tubi *sine nodo vibrante* cogatur, numerum oscillationum *duplo* minorem (sonum *octavâ* graviorem) perficere,

ab aëre tubi *cum uno nodo vibrante* cogatur, numerum oscillationum $\frac{4}{3}$ minorem (sonum *quartâ* graviorem) prodere,

ab aëre tubi *cum duobus nodis vibrante* cogatur numerum oscillationum $\frac{6}{5}$ minorem (sonum *tertia minore* graviorem) proferre,

ab aëre tubi *cum tribus nodis oscillante* cogatur, numerum oscillationum $\frac{8}{7}$ minorem edere, quam ille oscillationum numerus est, quem pro elasticitate sua peragere prona est.

Hac in enunciatione gravissima, simul vero difficili ad intelligendum, haec tria bene perspici debent:

(a) quae sint *maximae discordantiae* oscillationum laminae et aëris in *tubo linguato*, quod in nota adjecta exposui;

---

*) *Maxima discordantia* oscillationum, linguae et aëri in tubo instrumenti nostri convenientium, locum habere non potest, nisi aër oscillat, quasi *tubo tecto* sit inclusus. Nam si aër legem *tuborum apertorum* sequitur, vel nulla, vel multo minor est discordantia inter linguae et aëris oscillationes. Cfr. §. 6. Deinde vidimus §. 8. columnam aëris tubo comprehensam per *nodos* (*Schwingungsknoten*, *noeuds de vibration*) in plures partes ita dividi, ut ejus souus sit gravior quidem, quam sonus linguae, sed huic *proximus*. Quando hic sonus proximus a sono linguae maxime differt? Fig. 14. linea ab indicat axem tubi prolongatam, per puncta c, d, e... in partes tam longas divisam, quam tubus sonum linguae proferens. Inter tubos, quorum longitudo est inter o et $a\alpha$ is sonum profert maxime a snoo linguae discordantem, qui est longitudine ac; nam, quia leges *tubi tecti* sequitur, sonum *octavâ* depressiorem quam lingua profert, tubi autem breviores sonum acutiorem proferunt, et tubi longiores incipiunt *nodum* formare, sicque fere eundem sonum quam lingua proferre. Inter tubos, quorum longitudo est inter, $a\alpha$ et $a\beta$ is sonum profert maxime a sono linguae discordantem, qui est longitudine ad; nam sonum *quartâ* depressiorem, quam sonus linguae est, profert, tubi autem breviores sonum acutiorem proferunt, et tubi longiores incipiunt duos *nodos* formare. Inter tubos, quorum longitudo est inter $a\beta$ et $a\gamma$, is sonum profert maxime a sono linguae discordantem, qui est longitudine ae, cet. Inde causa intelligitur, qua tubus linguatns, longitudine non mutata sonum acutissimum (i. e. sonum linguae) et sonum maxime gravem, quem proferre potest, utrumque, si alio modo inflatur, edit. Cfr. §. 8. pag. 14.

(b) quatenus *hoc casu* aër in tubo legem oscillationis mutet. Aër cogitur legem sequi *tuborum tectorum*, quanquam vere *tubo aperto* comprehensus est. Discrimen autem inter legem *tuborum tectorum* et *non tectorum* §. 6. pag 11. vidimus. Hanc mutationem legis, secundum quam aër oscillat 1) peculiaris quidam afflatus, 2) ipsa laminae resistentia et discordia, qua aër tubi in alterutra extremitate continuo premitur, juvat.

(c) Hac mutatione legis, secundum quam aër oscillat, effecta, aër omnino illam legem sequitur. Quare quum numerus oscillationum aëris secundum hanc novam legem maxime differat a numero oscillationum, qui laminae pro sua elasticitate convenit, synchronica *laminae* et *aëris* oscillatio non hac re efficitur, ut utrîusque oscillationes se invicem accomodent, sed ut lamina aëri omni ex parte se accommodet, aër vero laminae ne tantillum quidem cedat.

3) Si longitudo *tubi linguati* tanta est, ut numerus oscillationum, quae ipsi tanquam *tubo aperto* conveniunt, a numero oscillationum, linguae secundum elasticitatem proprio, tantopere discordat, ut major discordia locum habere, per legem pag. 15. edictam, nequeat *), lingua oscillationum numerum, ipsi propter elasticitatem convenientem, fere non mutat, aërem autem tubo comprehensum cogit, ut numerum oscillationum, longitudini tubi respondentem maxime mutet, numeroque oscillationum linguae adaptet. Hac lege aër *sine nodo* vibrans cogitur a lingua numerum oscillationum fere $\frac{1}{2}$ majorem (sonum *quintâ* altiorem) perficere; aër *cum uno nodo* vibrans a lingua cogitur, numerum oscillationum $\frac{1}{4}$ majorem (sonum *tertiâ majore* altiorem) prodere; aër *cum duobus nodis* vibrans a lingua cogitur, numerum oscillationum $\frac{1}{6}$ majorem edere, quam ille oscillationum numerus est, quem pro longitudine sua efficere pronus est.

4) Si numerus oscillationum aëri in *tubo tecto* convenienti ab oscillationibus linguae quidem discordat, sed non tantum, quantum in casu sub No. 2. exposito, tam aër tubo comprehensus, quam lingua oscillationum numerum sibi proprium mutat, ita tamen, ut numerus oscillationum *aëris paululum* tantum *augeatur* (uno *minuto secundo* paucis saltem oscillationibus); contra numerus oscillationum *linguae multum imminuatur*, sic, ut lingua ab aëre sine nodo oscillante cogi possit, ad (pro majore vel minore discordia oscillationum linguae et oscillationum aëri in tubo convenientium) omnes sonos edendos, qui

*) Hac *maximae discordantiae* oscillationum linguae, et aëris in *tubo aperto*, quae nunquam tantaé sunt, quantae discordantiae maximae oscillationum linguae et aëris in *tubo tecto*, locum habent, si *tubus linguatus* est longitudine Fig. 14. $a\alpha$, $a\beta$, $a\gamma$ cet. i. e. $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ cet. longitudinis *tubi aperti*, sonum linguae proferentis. Nam si tubus est longitudine $a\alpha$, sonus *tubo aperto* propter longitudinem conveniens, *quintâ* est gravior, quam sonus *linguae;* si tubus brevior esset, quam $a\alpha$, sonus, secundum legem *tubi aperti* editus, acutior esset; sin autem tubus longior redderetur, *tubus linguatus* non amplius ad *tubos apertos*, sed ad *tubos tectos* referendus est. Similiter si tubus est longitudine $a\beta$, sonus ipsi, tanquam *tubo aperto*, propter longitudinem conveniens, *tertiâ majore* est gravior, quâm sonus linguae, cet.

inter sonum linguae proprium et *octavam* graviorem intersunt; ut ab aëre cum *uno nodo* oscillante cogi possit, ad omnes sonos proferendos, qui inter sonum linguae et *quartam* graviorem intersunt; ab aëre cum *duobus nodis* oscillante cogi possit, ut omnes sonos proferat, qui inter sonum linguae proprium et *tertiam minorem* graviorem intersunt, cet.

5) Si numerus oscillationum linguae ab oscillationum numero aëri in *tubo* quasi *aperto* conveniente quidem discordat, sed non tantum, quantum in casu sub No. 3. exposito, tam lingua quam aër tubo comprehensus oscillationum numerum sibi proprium mutant, ita tamen, ut numerus oscillationum linguae paululum tantum imminuatur (uno minuto secundo paucis saltem oscillationibus); contra numerus oscillationum aëris tubo comprehensi multum augeatur, sic, ut aër *sine nodo* oscillans a lingua cogi possit *) ad omnes sonos edendos, qui inter sonum aëri proprium et *quintam* altiorem intersunt; ut aër cum *uno nodo* oscillans a lingua cogi possit, ad omnes sonos edendos, qui inter sonum aëri proprium et *tertiam minorem* altiorem intersunt; ut aër cum *duobus* nodis oscillans a lingua cogi possit, ad omnes sonos edendos, qui inter sonum aëri proprium, et $\frac{8}{7}$ altiorem intersunt, cet.

Leges, et proprietatum diversitatem, quas modo de *tubis linguatis* eorumque sonis elocutus sum, nunc methodo experimentali comprobabimus et stabiliemus.

PARS SECUNDA.

Expositio legum e periculis, secundum quas aër tubo inclusus et lamina metallica talem mutuum influxum exserunt, ut oscillatio eorum synchronica fiat.

§. 10.

Legum a nobis inventarum nonnullae facile e periculis non admodum complicatis derivari potuerunt. Reliquas non deteximus nisi longis experimentorum seriebus factis, dum simul multas cautelas instrumentaque perfectissima ad pericula adhibebamus. Leges igitur a nobis inventas jam non eo ordine exponemus, quo accuratius inter se cohaerent, sed quo simpliciora experimenta fuerunt, e quibus colligebantur. Hac enim via quicunque optime tum experimenta ipsa, tum leges ex iis derivatas intelliget.

§. 11.

Primum igitur has quinque leges experimentis confirmandas referam:

No. 1. *Si cum instrumento linguato tubi certarum diversarum longitudinum conjunguntur, diversis his tubis idem sonus proferri potest.*

*) Pro majore vel minore discordia oscillationum aëri in tubo convenientium et oscillationum linguae.

No. 2. Sonus, quem instrumentum linguatum pro elasticitate linguae dat, adjunctis tubis nunquam acutior, sed tantum gravior reddi potest *)

No. 3. Tubus linguatus diversas longitudines accipere potest, quibus omnibus sonus gignitur qui sonum linguae **) *non mutatum accuratissime aequat. In talibus tubis alia tubi inflandi ratione vel octava, vel quarta, vel tertia minor gravior, vel alii soni, quorum intervallum cum sono linguae his numeris exprimuntur* $\frac{7}{8}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{11}{12}$ cet., loco soni illius, sonum linguae aequantis, elici potest.

No. 4. Si tubi linguati ita comparati sunt, ut §. 5. *descripsimus, sonos acutissimos et sonos maxime graves mutata inflandi ratione proferunt. Hi soni acutissimi et maxime graves vel sunt sonus linguae et octava gravior, vel sonus linguae et quarta gravior, vel sonus linguae et tertia minor gravior, cet. In tubis linguatis aliter comparatis soni adeo paulisper graviores proferri possunt.*

His duabus legibus nonnulla adjiciam, unde intelligatur, quando cum sono acutissimo vel *octava*, vel *quarta*, vel *tertia minor* cet. proferatur. Sonus *instrumenti linguati*, quocum tubi sensim longiores conjunguntur, non gravior reddi potest, quam circiter unâ *octavâ*. In tubo, in quo haec *octava* auditur, semper alia inflandi ratione *acutior ille sonus*, *instrumento linguato proprius* excitari potest. Jam si *instrumento linguato* tubi magis magisque longi applicantur, sonus ille acutior iterum quidem gravior reddi potest, sed non magis quam circiter unâ *quartâ*, et, dum tam gravis redditur, acutus ille sonus *instrumento linguato* proprius recurrit. Tubo jam denuo prolongato, acutus hic sonus denuo gravior redditur, sed non magis, quam circiter una *tertia minore*, et, dum tam gravis factus est, sonus acutus *instrumento linguato* proprius rursus apparet.

No. 5. Tubi longitudine admodum diversi, cum eodem instrumento linguato conjuncti, tum tantum unum eundemque sonum edunt, quum pars, qua alter alterum longitudine superat, tam magna est, ut ipsa, si sola et apertis finibus oscillet, eundem sonum quem totus tubus linguatus edat.

Instrumentum §. 5. descriptum, Fig. 3. delineatum, sonum $\bar{g}$ edebat, si cylindrus aeneus nullo tubo prolongabatur, eundem quidem sonum, quem lamina sola pro elasticitate sua.

---

*) Adnotandum est, me in hac parte (quod jam pag. 10. dixi) non nisi de ea sonum e *tubo linguato* proferendi ratione dicere, qua flumen aëris praeter laminam metallicam in tubum mittitur, cfr. Fig. 8., neutiquam de illa, ubi flumen aëris in extremitate tubi immittitur, quae extremitati linguatae opposita est. Cfr. Fig. 11. In hoc casu enim contraria lex valet, nimirum ut sonus quem instrumentum linguatum pro elasticitate dat, adjunctis tubis nunquam gravior, sed tantum acutior reddi possit.

**) *Sonum linguae* eum dico, qui a parte libera laminae metallicae cum tubo conjunctae editur, si alterutra extremitate retinaculo (*Schraubstock*) infigitur sique tunc percellitur.

Huic *instrumento linguato* tubos ligneos applicavimus, quorum cavitas erat longitudine 1'' usque ad 10 pedes, et 4''', 7 crassitudine. Crassitudo ligni erat 4''', 7, ita, ut tubus una cum parietibus ligneis diametrum 14''', 1 haberet.

Lamina hujus instrumenti ita erat comparata, ut ejus pars affixa satis immobilis esset. Non enim poterat pars affixa tubum intrare, oppositis cylindri parietibus, neque a tubo discedere, opposito glutine.

Sonus hujus instrumenti, applicatis tubis cuiuslibet longitudinis, duodecim ad summum semitoniis, seu una octava, gravior reddi poterat. Si longior applicabatur tubus, quam quo sonus duodecim semitoniis gravior reddebatur, instrumentum eum rursus sonum edidit, quem, priusquam ullus applicabatur tubus ligneus, protulerat, sicque exigua tubi productio effecit, ut sonus instrumenti subito et quasi per saltum sonum ederet duodecim semitoniis, i. e. integra octava, acutiorem. Deinde, si tubi applicantur illo sensim majores, sonus instrumenti rursus potest gravior reddi, sed non tantum, quantum prius, et, si tubum producere pergis, certa tubi longitudine eveniet, ut sonus instrumenti rursum subito, et quasi per saltum, ita acuatur, ut sonum edat, quem, antequam ullus addebatur tubus, protulerat; cet. *Tubi linguati* etiam *sonos aliquotos (Flageolettöne)* produnt, i. e. eos, qui in aëris columna nascuntur, cujus partes aliquotae separatim oscillant, atque saltus illi ante dicti, quibus sonus exigua tubi productione magno intervallo subito acuitur, oriuntur, si numerus partium aliquotarum separatim oscillantium una parte augetur, si aëris columna exigua illa productione cogitur, alium oscillandi modum subito inire. Experimentis infra describendis cognoscemus, tubum lamina instructum, quanquam et sonum fundamentalem et sonos aliquotos edat, tubi longitudine non mutata, non nisi unum sonum, vel fundamentalem vel aliquotorum unum, prodere. Si alius sonus aliquotus elici debet, longitudo tubi mutetur necesse est.

§. 10.

Fig. 15. instrumentum duodecies minus delineatum est, e parte linguata $\alpha\beta$, et e tubo $\beta\gamma$ constans. Lineae horizontales locos indicant, quibus singulae tubi partes abscissae sunt. Lineis ii soni adscripti sunt, quos *instrumentum linguatum* cum tubo eo usque abbreviato conjunctum edebat.

Jam ut clarius intelligatur, quo modo tubus longior aut brevior sonum *instrumenti linguati* mutet, a sonis incipiamus, qui e tubis brevissimis excitabantur, et ad sonos pergamus, qui e tubis sensim longioribus proferebantur.

Invenimus, sonum *instrumenti linguati* (Fig. 3.) (cujus lamina 1'' 0''', 6 longa, $2\frac{1}{2}$''' lata et $\frac{1}{5}$''' crassa erat) si applicabantur tubi vitrei (quorum diameter exclusis

parietibus $5\frac{1}{2}'''$ erat) longitudine sensim ad $14''$ $6'''$ adaucta, *) sensim duodecim semitonia deprimi a $\bar{g}$ usque ad *g*. Vid. lineae horizontales Fig. 15. inter β et δ.

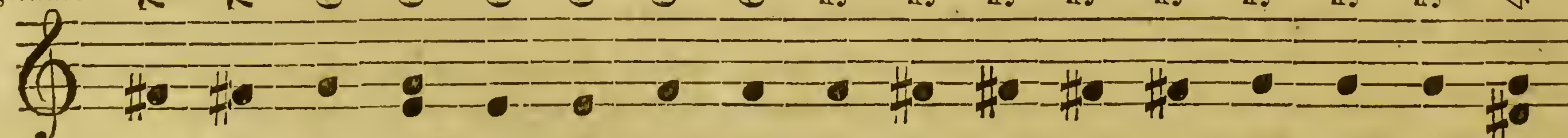
Si sonus, producto tubo, usque ad *g* depressus erat, et tubus magis producebatur, instrumentum duos edebat sonos (non quidem simul, sed modo hunc, modo illum), praeter sonum gravem illum *g*, alium acutum, eum quidem, quem lingua *instrumenti linguati* separatim oscillans prodit, $\bar{g}$. Quum tubum vitreum $19''$ $4'''$ **) longum addebamus, sonus gravis *g* ex instrumento elici non amplius poterat, sed tantum sonus actavâ acutior, $\bar{g}$. Vid. Fig. 15. ε. Si applicabantur tubi longitudine $19''$ $4'''$ usque ad $34''$ sonus sensim sex semitoniis, a $\bar{g}$ ad $\overline{cis}$, gravior redditus est. Vid. Fig. 15. ε usque ad ζ. Si tubus vitreus applicatus longior reddebatur quam $34''$, tubus rursus duos edidit sonos, gravem $\overline{cis}$, et acutum $\bar{g}$, eundem, quem instrumentum non productum, vel lamina sola edit. Si tubus vitreus ad $37''$ $6'''$ prolongabatur, instrumentum sonum gravem $\overline{cis}$ edere destitit, solumque sonum $\bar{g}$, sex semitoniis acutiorem, prodidit. Vid. Fig. 15. η. Si tubus vitreus a $37''$ $6'''$ ad $49''$ prolongabatur, sonus sensim quatuor semitoniis, a $\bar{g}$ ad $\overline{dis}$, gravior factus est. Vid. Fig. 15. η usque ϑ. Si tubus $49''$ longus paullulum producebatur, instrumentum rursus duos edidit sonos, graviorem $\overline{dis}$, et acutiorem $\bar{g}$, eundem, quem lingua instrumenti pro sua elasticitate prodit. Si tubus vitreus ad $52''$ $3'''$ producebatur, tubus sonum gravem $\overline{dis}$ non amplius edidit, sed sonum acutiorem $\bar{g}$ solum. Vid. Fig. 15. $\varkappa$. Si tubus vitreus sensim a $52''$ $3'''$ ad $65''$ $6'''$ augebatur, sonus tribus semitoniis gravior redditus est, ita, ut $\bar{e}$ fieret Vid. Fig. 15. λ.

Quae experimenta, ut facile comprehendere possis, sonos notis musicis exprimimus, et supra quamque notam adnotamus longitudinem tubi vitrei cylindro instrumenti nostri aeneo applicati, quae necessaria erat, ut sonus notatus eliceretur.

Tabula I.

sonorum tubi linguati per tubos vitreos diversae longitudinis prolongati, si tubi ad unum omnes $5\frac{1}{2}'''$ crassitudine erant, et, flumen aëris modo Fig. 8. indicato tubum intrabat.

Tuborum vitreorum applicatorum longitudo.	$75''$ $2'''$	$72''$ $2'''$	$69''$ $2'''$	$67''$ $8'''$	$65''$ $7'''$	$64''$	$62''$ $9'''$	$61''$ $3'''$	$59''$ $7'''$	$57''$ $11'''$	$54''$ $8'''$	$54''$ $1'''$	$53''$ $6'''$	$52''$ $11'''$	$52''$ $3'''$	$51''$ $6'''$	$49''$ $1'''$

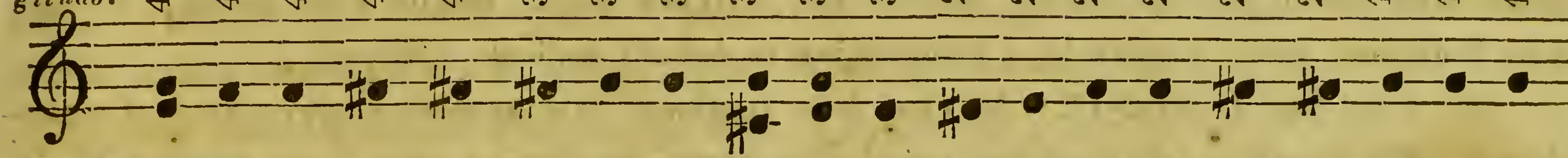


Soni inde excitati.

*) Tubus vitreus applicatus erat lougitudine $14''$ $6'''$, cylindrus aeneus ex hoc tubo $1''$ $9'''$ eminebat, tota longitudo columnae aëris, ab utroque comprehensae, erat $16''$ $3'''$.

**) Aëris columna in utroque tubo, et aeneo et vitreo, comprehensa erat longitudine $21''$ $1'''$.

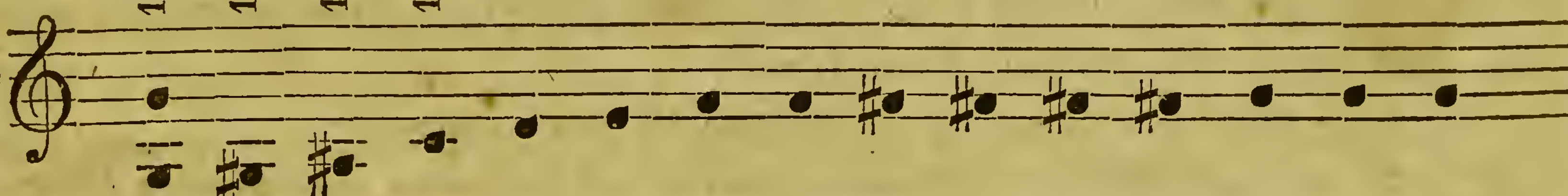
Tuborum vitreorum applicatorum longitudo.																				
	46″ 10‴	44″ 5‴	42″ 8‴	42″	41″ 4‴	39″ 4‴	37″ 7‴	35″ 7‴	34″ 8‴	32″ 9‴	30″ 9‴	28″ 10‴	27″	25″ 6‴	24″	22″ 5‴	21″ 4‴	19″ 4‴	17″ 10‴	16″ 2‴



Soni inde excitati.

Tuborum vitreorum applicatorum longitudo.															
	14″ 7‴	13″ 8‴	12″ 3‴	10″ 9‴	9″ 4‴	7″ 10‴	7″ 6‴	6″ 11‴	6″ 7‴	6″ 1‴	5″ 5‴	4″ 9‴	3″ 5‴	2″ 1‴	1″ 6‴

Soni inde excitati.



In hoc sonorum conspectu antecedunt ii soni, quos instrumentum, tubis longioribus applicatis, edebat, et sequuntur, qui, brevioribus additis tubis vitreis, proferebantur.

Haec phaenomena nobis oblata sunt, quum sonum ex instrumento nostro more solito, pag. 7. descripto eliciebamus, quo aëris flumen tubo inflatur per finem lamina instructum.

Tabula sequens e tabula I. sonorum notis musicis expressorum, composita est; tenendum modo est, longitudines aëris columnarum $1\frac{3}{4}''$ longiores esse longitudinibus tuborum vitreorum instrumento applicatorum, quia pars tubi aenei e tubo vitreo eminens aëris columnam $1\frac{3}{4}''$ longam continebat, quod e Fig. 15. $\alpha\beta$ intelligitur, et pag. 20. in *nota* jam animadverti; in tabula I. enim longitndines tuborum vitreorum indicavimus, in hac tabula autem aëris columnas dabimus.

Tabula II.

de sonis tubi linguati, cui tubi vitrei applicati sunt, si sonus modo Fig. 8. pag. 7. indicato profertur. Probatur, si instrumentum linguatum cum tubis diversae longitudinis conjunctum, eundem semper sonum prodat, discrimina longitudinum tubi semper esse multipla quaedam tubi in utroque fine aperti, eundem sonum tanquam sonum fundamentalem prodentis.

Propter spatii defectum haec tabula ad finem libelli collocaretur necesse erat.

Lex modo proposita et supra pag. 18. No. 5. aliis verbis exposita hac experimentorum tabula satis comprobatur. Non potuimus enim in instituendis his experimentis a tubo vitreo tam exiguas absecare particulas, ut longitudinem tubi, quae sonum notatum purissime proferret, inveniremus; absecuimus particulas 1″ usque ad 2″ longas, quae altitudinem soni admodum mutant. Neglex imus in his experimentis exiguas soni mutationes,

ideoque si pluries particulas tubi absciderämus, sono non multum mutato, in tabula I. pag. 20 et 21. et Fig. 15. sonum ut plane non mutatum adscripsimus. Ex diversis tubi longitudinibus tabulae I. pag. 20 et 21. elegeramus eas, quas rectissimas habueramus, easque retinuimus etiam in construenda tabula II., inventa lege. Itaque fieri potuit, ut recta tubi longitudo nonnunquam 1″ a longitudine in tabula indicata differret.

Lex No. 1. pag. 17.: *Si cum tubo linguato tubi certarum diversarum longitudinum conjunguntur, diversis his tubis idem sonus proferri potest*, solo tabulae II. intuitu omni ex parte comprobatur. Nam conferas longitudines tubi in columna quarta, quinta, septima, nona et undecima tabulae II., quae in eadem linea horizontali versantur, quae omnes sonum eundem, quem in columna prima nominavi, excitaverunt. Sique has diversas longitudines, eundem sonum prodentes, comparas, etiam certam qnandam, quae inter ipsas intercedit, rationem animadvertes.

Nam facile e columna sexta tabulae II. hoc cognosces:

Si a longitudinibus columnae quintae subtrahuntur longitudines tuborum apertorum, eosdem sonos proferentium, in columna tertia indicatae, longitudines restant, quae longitudinibus columnae quartae fere aequales sunt.

Item e columna octava, decima et duodecima tabulae II. intelliges:

Si a longitudinibus columnae nonae longitudines tuborum apertorum columna tertia indicatae bis, ter, quater subtrahuntur, longitudines restant, quae longitudinibus columnae quartae fere aequales sunt.

Id autem est, quod lege No. 5. pag. 18. exprimitur, dum dicitur: Tubi longitudine admodum diversi, cum eodem *instrumento linguato* conjuncti, tum tantum unum eundemque sonum edunt, quum pars, qua alter alterum longitudine superat, tam magna est, ut ipsa, si sola, et apertis finibus oscillet, eundem sonum, quem totus *tubus linguatus*, edat.

In serie illa sonorum, tabula I. relata, si a tubis exis brevissimis, primus saltus a sono maxime gravi ad acutissimum intervallo *octavae* est aequalis, secundus saltus intervallo *quintae imminutae* *), tertius saltus intervallo *tertiae majoris*, quartus denique saltus intervallo *tertiae minoris*.

---

*) Fortasse credis loco intervalli *quintae imminutae* dicendum esse *quintae* et *quartae*, unde lex aliqua clarius eluceret, quam ex intervallis supra dictis. Nam tum omnia intervalla haberemus, quae his numeris exprimuntur 1 : 2, 2 : 3, 3 : 4, 4 : 5, 5 : 6. Sed statim explicabitur, seriem rectam intervallorum seu saltuum hanc esse: *octava*, *quarta*, *tertia minor* cet., quae his numeris exprimuntur: 1 : 2, 3 : 4, 5 : 6, 7 : 8, 9 : 10 cet.; hos saltus autem nonnunquam augeri posse, quia nonnunquam magna pulmonum contentione sonos paulo graviores excitare licet, si fixa laminae pars tantum ope ferruminis tubo adhaeret, ideoque non plane immobilis est. In aliis *instrumentis linguatis* linguae extremitas ita affixa erat, ut ope *retinaculi* (*Schraubstock*) firmissime apprimeretur, hocque modo plane immobilis redderetur (cfr. Fig. 5.) Pericula instrumento ita comparato instituta sonos non graviores quam *octavam*, *quartam*, *tertiam minorem* cet. dederunt.

Hi saltus, magnitudiue sua, legibus No. 3 et No. 4. pag. 18. contrarii esse videntur, sed re vera non sunt. Nam *primum* sonus $\overline{cis}$, prolatus, si tubus 36'' 5''' longus erat (cfr. Fig. 15. ζ), et sonus $\overline{dis}$, prolatus, si tubus 50'' 10''' longus erat (cfr. Fig. 15. ϑ), non nisi quodam artificio et magna pulmonum contentione proferebantur. *Deinde* saltus, quos lex illa No. 3. pag. 18. respicit, tum solum locum habent, quum sonus acutus, instrumento linguato proprius, purissime redit. Jam vero animadvertam necesse est sonum *tubi linguati* in locis Fig. 15. ζ et ϑ paulo graviorem fuisse quam $\overline{g}$, et purissimum esse factum in locis *m* et *n*. In locis *m* et *n* autem cognoscimus, saltus esse accurate ea magnitudine qua lege tertia indicantur, h. e. primus saltus est *octavae*, secundus est *quartae*, tertius est *tertiae minoris*. *Denique* soni $\overline{cis}$ et $\overline{dis}$ paulisper depressiores effecti sunt magna pulmonum contentione, dum pars libera linguae non erat ope *retinaculi (Schraubstock)* tubo affixa, ut indicatum est Fig. 5., sed tantum in tubum ferruminata, quod, ut lege No. 4. pag. 18. indicavi, efficit, ut soni paulo graviores proferri possint. Inde intelligitur, et legem No. 3. et No. 4. exprimentis tabula I et II. comprehensis confirmari.

Quam confirmationem legis No. 3. ut uno intuitu possis cognoscere, haec experimenta, tabula I. pag. 20 et 21. comprehensa jam separatim refero.

Longitudo *tubi linguati.*	Sonus acutus et sonus gravis inde prolatus.	Intervallum horum duorum sonorum.	Numeri, quibus hoc intervallum exprimitur.
16'' 4'''	$\overline{g}$ et g	*octava*	2 : 1
34''	$\overline{g}$ et $\overline{d}$	*quarta*	4 : 3
48'' 7'''	$\overline{g}$ et $\overline{e}$	*tertia minor*	6 : 5

Illae leges No. 3. et No. 4. pag. 18., quemadmodum his experimentis comprobantur, sic etiam omnibus experimentis deinceps exponendis stabilientur.

§. 11.

Pergimus ad legem sextam et septimam experimentis comprobandam.

No. 6. *Columna aëris, tubum linguatum replens, si instrumentum linguatum sonum multo acutiorem dat, quam ille sonus est, qui longitudini tubi respondet, in sectiones separatim oscillantes per nodos discretas divisa est. Quaelibet harum sectionum tam longa est, ut, si abscinderetur, et, sicut in tubo aperto, oscillaret, sonum tubi linguati ederet. Praeter has sectiones vero, sibi magnitudine pares, ad extremitatem tubi instrumento linguato oppositam, sectio est dimidia magnitudine; ad extremitatem tubi, cui lingua affixa est, sectio est, cujus magnitudo saepissime integram sectionem oscillantem*

aequat, nonnunquam vero tam brevis est, quam dimidia sectio; nunquam brevior.

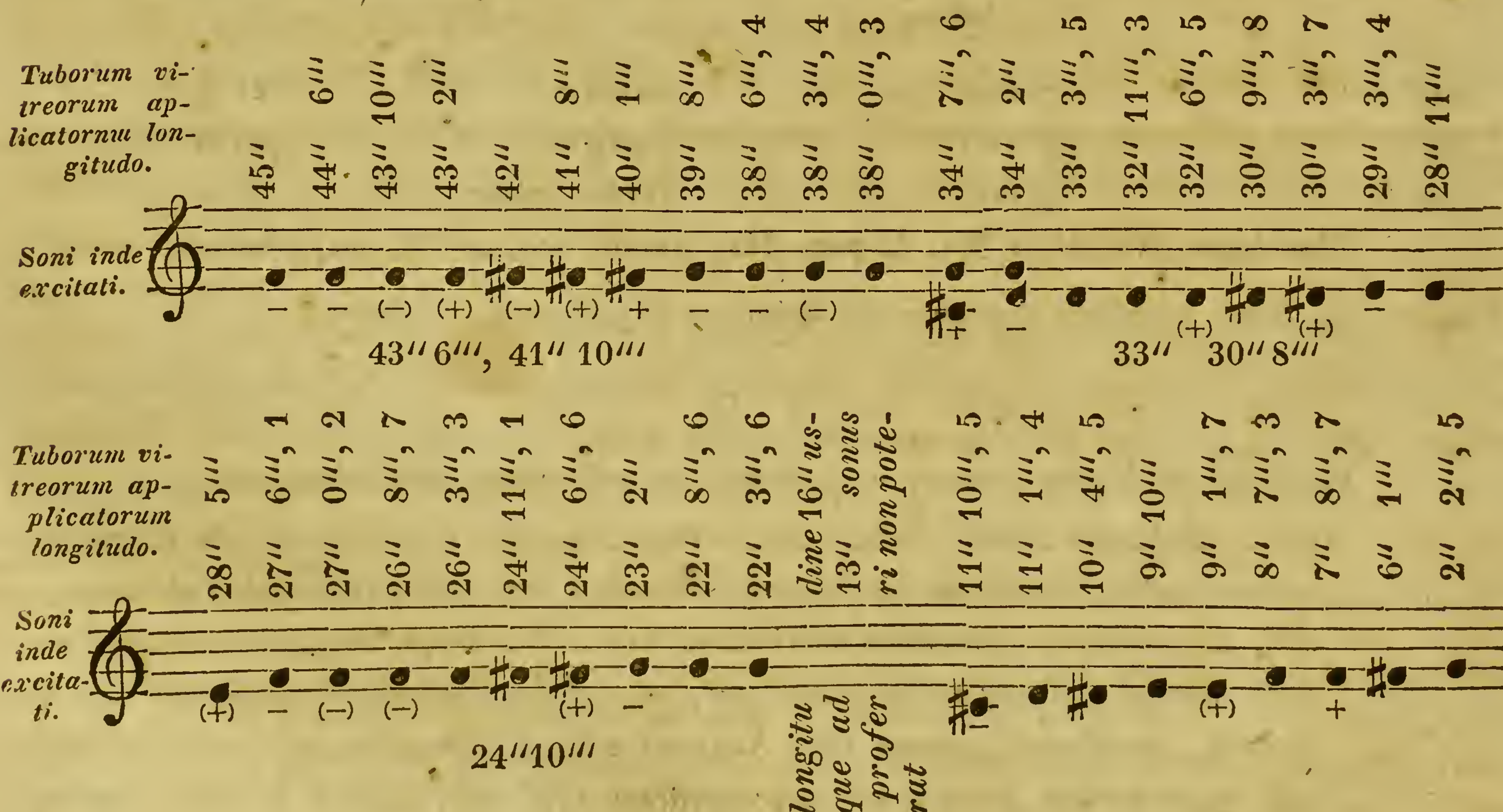
No. 7. *Si sonus instrumento linguato proprius per additum tubum plus quam intervallo unius secundae deprimitur, tubus linguatus* $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ *cet. longior est, quam tubus, apertis finibus, eundem sonum edens.*

Quas leges comprobandi causa ad alteram transimus experimentorum seriem, instrumento Fig. 3. delineato institutorum, cui non tubi vitrei, sed tubi lignei a scriniario confecti applicabantur. Tubus ligneus erat $4\frac{7}{10}'''$ crassus, nulla ligni ratione habita, itemque paries ligneus erat $4\frac{7}{10}'''$ crassus, ita ut diameter tubi integri 14''' 1 esset.

Ut experimenta his tubis ligneis et instrumento nostro instituta uno quasi intuitu possis complecti, Fig. 16. effectum est, in qua *tubus linguatus* delineatus est, et partes ab eo deinceps abscissae lineis horizontalibus indicatae, et soni hoc modo prolati adnotati sunt. Praeterea sonos ex iis prolatos notis musicis indicamus, et supra quamque notam longitudinem columnae aëris tubo comprehensae ad proferendum sonum certum necessariam adnotamus.

Tabula III.

sonorum tubi linguati prolongati tubis ligneis diversa longitudine, $4\frac{7}{10}'''$ *crassitudine, qui exorti sunt, quum flumen aëris, modo Fig. 8. indicato, tubum intraret.*



Tubi lignei in instituendis his experimentis tubis vitreis pluribus de causis praeferendi sunt. Primum tubus aeneus iis melius potest applicari, quum tubus ligneus facile

ita parari possit, ut ejus foramen tubum aeneum arcte comprehendat. Extremitas tubi aenei calefacta cerâ Hispanicâ liquefactâ circumfunditur, sicque tubo ligneo includitur. Deinde tubi lignei superant tubos vitreos majore foraminis aequalitate per totam tubi longitudinem. Denique tubi lignei faciliori negotio breviores reddi possunt absecando particulas cujuslibet longitudinis. A tubis vitreis particulae exiguae difficillime abrumpuntur. Altitudinem sonorum intelleximus comparatione eorum cum sonis clavichordii, qui si paulisper differebant a sonis *tubi linguati*, indicavimus, num sonus *tubo linguato* prolatus sonum clavichordii, qui illi proximus erat, altitudine superaret, an inferior esset, additis signis + et —. Signa (+) et (—) parenthesibus inclusa indicabant, sonum instrumenti admodum esse vicinum sono clavichordii. Porro, quam longitudinem columnae aëris veram habebamus necessariamque ad sonum clavichordii purissime proferendum, eo ipso tempore indicavimus, quo experimentum instituebamus, et de magnitudine discriminis sonorum instrumenti et clavichordii audiendo judicare poteramus. Quas longitudines ita definitas in tabula III. superiore notis subscripsimus, easque in tabula sequente retinuimus.

Tabula IV.

de sonis tubi linguati, cui tubi lignei diversae longitudinis applicati sunt, si sonus modo Fig. 8. *indicato profertur. Probatur, longitudinem tubi cum instrumento linguato conjuncti in sonis, a sono laminae separatim oscillantis* $\bar{g}$ *remotioribus, multiplum esse quoddam longitudinis tubi vulgaris, utroque fine aperti, eundem sonum prodentis addita dimidia ejusdem parte.*

Col. I. …onus tubi linguati.	*Col.* II. Numerus oscillationum illi sono quoque minuto secundo conveniens.	*Col.* III. Longitudo tubi Organi vulgaris utroque fine aperti eundem sonum proferentis.	*Col.* IV. Longitudo prima columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Col.* V. Longitudo secunda columnae aëris in tubo linguato qua applicata, sonus ille profertur.	*Col.* VI. Haec longitudo columnae secunda aequalis est longitudini tubi aperti addita dimidia fere ejus longitudine.	*Col.* VII. Longitudo tertia columnae aëris in tubo linguato qua applicata, sonus ille profertur.	*Col:* VIII. Haec longitudo columnae tertia aequalis est longitudini tubi aperti, addita dimidia fere ejus longitudine.
$\bar{g}$	767	16″ 3‴, 3	2″ 2‴, 5	22″ 8‴, 6	=16″3‴, 3+ 6″5‴, 3	34″ 2‴	=2. 16″3‴, 3+1″ 7‴, 4
$\overline{fis}$	724	17″ 2‴, 9	6″ 1‴	24″ 10‴	=17″2‴, 9+ 7″7·″, 1	41″ 10‴	=2. 17″2‴, 9—7″ 4‴, 2
$\bar{f}$	683½	18″ 3‴, 24	8″ 7‴, 3	26″ 3‴, 3	=18″3‴,24+ 8″0‴,06	43″ 6‴	=2. 18″3‴,24+6″11‴,51
e	645	19″ 4‴, 27	9″ 10‴	28″ 11‴	=19″4‴,27+ 9″6‴,73		
$\overline{dis}$	608¾	20″ 6‴, 08	10″ 4‴, 5	30″ 8‴	=20″6‴,08+10″1‴,92		
$\bar{d}$	574¾	21″ 8‴, 6	11″ 1‴, 4	33″	=21″8‴, 6+11′·3‴, 4		
$\overline{cis}$	542⅓	23″ 1‴, 6	11″ 8‴				

Confirmatur hac tabula lex No. 6. pag. 23. quae aliis verbis expressa haec est: Ubi sonus instrumenti remotior est a sono laminae separatim oscillantis, $\bar{g}$, aëris columna tubo comprehensa oscillat ex lege, quae valet de tubis vulgaribus iisque alterutra extremitate contectis.

Quando oscillationes laminae et oscillationes columnae aëris tubo comprehensae admodum discordant, lamina idem efficit in aëris oscillationes, quod paries tubum omnino claudens *). Nam sive hoc sive illud locum habet, aëris columna, dum sonat, dividitur in partes aequales, excepta parte sita in extremitate tubi clausa, quae habet dimidiam longitudinem ceterarum.

Sonum $\bar{g}$ lamina instrumenti nostri separatim oscillans proferebat. Sonus $\bar{e}$ intervallo *tertiae minoris* est gravior. Soni $\overline{dis}$, $\bar{d}$, $\overline{cis}$ a $\bar{g}$ longius adeo distant. Videamus, num lex nostra modo edicta in sonis $\bar{e}$, $\overline{dis}$, $\bar{d}$, $\overline{cis}$ a sono laminae $\bar{g}$ admodum differentibus locum habeat.

Sonus *tubi linguati.*	Longitudo *tubi linguati.*	Longitudo *tubi aperti* eundem sonum proden-tis.	Dimidia haec longitudo seu longitudo *tubi tecti* eundem sonum prodentis sine nodo oscillantis.	Integra haec longitudo et addita dimidia ejus pars, seu longitudo *tubi tecti* eundem sonum prodentis, cum uno nodo oscillantis.
$\bar{e}$	9″ 10‴	19″ 4‴ 27	9″ 8‴ 13	
$\bar{e}$	28″ 11‴	19″ 4″ 27		29″ 0‴, 4
$\overline{dis}$	10″ 4‴, 5	20″ 6‴	10″ 3‴	
$\overline{dis}$	30″ 8‴	20″ 6‴		30″ 9‴
$\bar{d}$	11″ 1‴, 4	21″ 8‴ 6	10″ 10‴ 3	
$\bar{d}$	33″	21″ 8‴ 6		32″ 7‴
$\overline{cis}$	11″ 8‴	23″ 1‴ 6	11″ 6‴ 8	

His experimentis demonstratum est, instrumentum nostrum in sonis indicatis legem sequi *tuborum* alterutro fine *contectorum*, sicque simul leges No. 6. et No. 7. comprobatae et stabilitae sunt **). Idem experimentis postea exponendis magis magisque comprobabitur.

*) Haec enunciatio et legem No. 6. et No. 7. comprehendit. Lex No. 6. edicit, nodos aëris oscillantis in tubo invicem tantum distare, quanta sit longitudo tubi aperti eundem sonum proferentis. Id vero etiam de aëre oscillante *tubi tecti* valet. Lex No. 7. edicit, praeter partes aëris oscillantes nodisque utrinque confinitas, in extremitate tubi linguae opposita ideoque semper aperta trans nodum ultimum partem esse aëris oscillantis, quae habeat dimidiam longitudinem ceterarum partium oscillantium. Etiam hoc de aëre oscillante *tubi tecti* valet.

**) Utraque lex, No. 6. et No. 7., melius experimentorum serie tabula III. vel IV. comprehensa, quam experimentorum serie tabula I. vel II. cognoscitur, quod in illis longitudines *tuborum linguatorum* accuratius indicatae erant, quae sonos clavichordii accuratissime excitabant. Nam, ut pag. 25. jam dixi, indicavi in tabula III. signis +, —, (+), (—), num fuerit discrimen majus, an minus, an nullum inter sonum *tubi linguati* et sonum clavichordii.

§. 12.

Scimus, *tubum* et *apertum* et *tectum* non solum unum sonum, sed seriem sonorum prodere posse. Hi soni unius tubi soni *aliquoti* (seu *harmonici Flageolettöne*, *Falsettöne)* appellantur, quod inter eos semper harmonica intercedit ratio. Haec duo nomina sonorum *aliquotorum* et *harmonicorum*, quae plerumque idem significant, in *tubis linguatis* diligenter discernenda sunt. Nam sonus *aliquotus* etiam singulus quisque sonus a tubo prolatus dici potest, si aër tubi *nodis* in plures partes separatim oscillantes divisus est. Contra sonus tubi tum demum sonus *harmonicus* appellari potest, si ex eodem tubo alius sonus aliquotus elici potest, quocum rationem harmonicam habet, propterea, quod nihil aliud quam numerus partium separatim oscillantium seu numerus nodorum adauctus aut imminutus est.

Hac sonorum *aliquotorum* et *harmonicorum* distinctione praemissa, de *tubis linguatis* hanc damus legem:

No. 8. *Columna aëris tubi linguati hoc modo oscillare potest, ut nodis in plures partes separatim oscillantes divisa sit, sic ut sonum non toti longitudini ejus, sed longitudini singularum sectionum respondentem edat, h. e. sonum aliquotum proferat. Sonos vero harmonicos, h. e. duos vel plures sonos aliquotos simul, tubus linguatus edere nequit, quia nimirum columna aëris a lingua cogitur, eum sonum proferre, qui sono linguae proprio proximus est, et contra a lingua impeditur eos sonos dare, quos editurus esset, si eadem columna aëris in plures aut pauciores sectiones separatim oscillantes divideretur.*

Porro scimus e lege No. 3. et 5. pag. 18., si cum instrumento linguato tubus conjungitur, qui longitudinem unius aut duorum, aut plurium tuborum *apertorum* seu *labiatorum* eundem sonum edentium habet, quem lingua *instrumenti linguati* edit, hunc tubum cum *instrumento linguato* conjunctum, diversis modis afflatum, duos edere sonos, qui intervallum vel *octavae*, vel *quartae*, vel *tertiae minoris* formant. Sonus altior semper plane idem sonus est, quem lingua *instrumenti linguati* separatim profert. De his duobus sonis, quos *tubus linguatus* nonnunquam proferre potest, etiam longitudine tubi non mutata, haec valet lex:

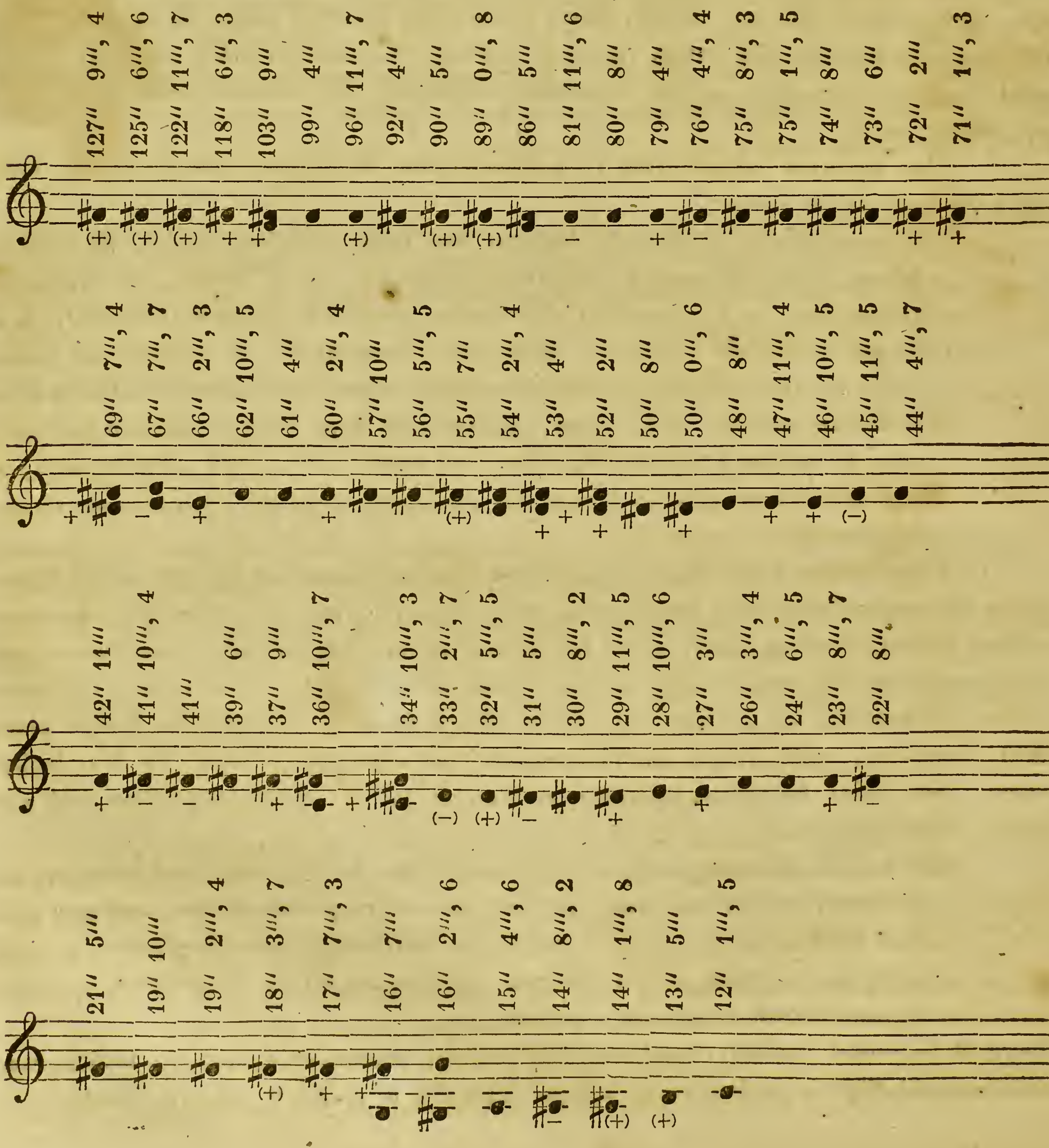
No. 9. *Si tubus linguatus ea est longitudine, ut duos sonos vel octavam, vel quartam, vel tertiam minorem formantes edere possit, hi duo soni non sunt soni harmonici, sed quisque eorum alia oscillandi ratione profertur, gravior nimirum, si tubus legem tuborum tectorum sequitur, et acutior, si tubus legem tuborum apertorum sequitur.*

Pergimus exponere tertiam experimentorum seriem, eodem *tubo linguato* institutorum, similibus tubis ligneis productorum, indeque leges No. 8. et No. 9. comprobabimus.

Primum damus Figuram 17. qua *instrumentum linguatum* et tubus cum eo conjunctus delineatus est, partes ab eo abscissae lineis horizontalibus indicatae, et soni ita prolati adnotati sunt. Deinde in tabula V. eadem experimenta notis musicis damus.

Tabula V.

sonorum tubi linguati prolongati tubis ligneis diversa longitudine, $4\frac{7}{10}$‴ *crassitudine*, *qui exorti sunt*, *quum flumen aëris*, *modo Fig.* 8. *indicato*, *tubum intrabat.*



Ex hac tabula V. facile animadvertitur, quanquam experimenta eodem instituebantur instrumento et tubi lignei applicabantur similes iis, qui in experimentis pag. 24., tamen sonum tubo abbreviando non esse elevatum usque ad $\overline{g}$. Limes superior sonorum in hac experimentorum serie, non $\overline{g}$ fuit, sed sonus medius inter $\overline{fis}$ et $\overline{g}$. Postea cognovimus, causam hujus discriminis in conditione et natura ipsius instrumenti paullisper mutata fuisse sitam. Lamina in experimentis superioribus in cylindrum aeneum a *g h* Fig. 3. usque ad *k l* diligenter et firmiter fuerat affixa et ferruminata. Multis experimentis affixa laminae pars ad *g h* erat mobilis facta, hocque modo oscillans laminae pars libera longior erat reddita. Quare sonus laminae separatim oscillantis non amplius erat $\overline{g}$, sed sonus quidam medius inter $\overline{fis}$ et $\overline{g}$. Hanc seriem sonorum cum hoc instrumento labefacto prolatorum silentio praetermisissem, nisi propter longitudinem tuborum adhibitorum plures leges clarius illustraret, quam reliquae series experimentorum, et nisi, cognita causa, qua sonus gravior redditus sit, hic *tubus linguatus* accurate easdem leges secutus esset quam caeteri, *tubi linguati.* Quae vis linguae non satis firmatae ad sonum graviorem reddendum me commovit, quartam instituere experimentorum seriem, in quibus curabatur, ne ejusmodi productio laminae oscillantis fieri posset. Eamque experimentorum seriem postea item exponemus.

Tabula VI.

de sonis tubi linguati, si sonus modo Fig. 8. *indicato profertur. Probatur, ex illo instrumento plures sonos aliquotos non proferri posse, nisi mutata tubi adjuncti longitudine, interque duos sonos, qui nonnunquam simul proferri possint, quanquam* (ex lege tertia pag. 18.) *ratio numerica sonorum aliquotorum seu harmonicorum adsit, tamen quemque sonum ad seriem sonorum aliquotorum propriam quandam pertinere. Numerus nodorum in tubo linguato ita mutari potest, ut tubo sectiones addantur ejusdem longitudinis, qua sectiones tubi sint in eo separatim oscillantes, sed hac tubi productione non alius profertur sonus; soni autem aliquoti non, sicut in aliis tubis, eo proferri possunt, ut tubus non productus in plures aut pauciores dividatur sectiones novas minores vel majores separatim oscillantes.*

Propter spatii defectum haec tabula ad finem libelli collocaretur necesse erat.

Primum animadvertimus, sonum hujus seriei acutissimum, qui inter $\overline{fis}$ et $\overline{g}$ medius esset, in tabula notari non potuisse. Itaque addimus, sonum acutissimum inter $\overline{fis}$ et $\overline{g}$ medium prolatum esse, quum aëris columna esset longitudine vel 16″ 2‴ 6, vel 34″, vel 51″, vel 67″, vel 83″, vel 100″. His longitudinibus sonus ille maxime acutus adhuc proferri poterat, quanquam sonus gravior facilius eliciebatur.

Numeri oscillationum horum duorum sonorum, soni acutissimi, sonorumque graviorum una cum illo e *tubo linguato* nostro prolatorum, ita quidem se habent, ut uno

tubo aperto, diversos sonos harmonicos proferente, gigni potuissent (nam hae sunt rationes, quae inter eos sonos deinceps intercedunt: 1: 2, 3: 4, 5: 6, 7: 8, 9: 10, 11: 12.); sed vere duo illi soni e duobus nascuntur oscillandi modis diversis, diversasque leges sequentibus.

Quae utraque res ut rectius perspiciatur, nonnulla experimenta tabulae VI. separatim tabula sequente comparabo.

Primum doceri debet, sonum depressum, qui apparet cum sono acutissimo tubi linguati, cum hoc eadem intervalla formare, seu easdem rationes numericas oscillationum, quae in sonis harmonicis inveniantur, nimirum hae: 1: 2, 3: 4, 5: 6, 7: 8, 9: 10, 11: 12.

Deinde, duos hos sonos e duobus nasci oscillandi modis *diversis*, diversasque leges sequentibus, nimirum sonum acutum *tuborum apertorum*, sonum depressum *tuborum tectorum* oscillandi modo nasci.

Columna I. Longitudo *tubi linguati.*	*Columna* II. Sonus acutissimus *tubi linguati.*	*Columna* III. Longitudo *tubi aperti* eundem sonum proferentis.	*Columna* IV. Sonus gravis, qui e *tubo linguato* simul proferri potest.	*Columna* V. Longitudo *tubi tecti* eundem sonum proferentis.
16″ 2‴ 6	$\bar{g}$ — *) (16″ 3‴ 3 + 5‴ 4)	cum 1 nodo 16″ 8‴ 7	g — (32″ 6‴, 6 + 10‴ 8)	cum nullo nodo 16″ 8‴ 7
34″	$\bar{g}$ —	cum 2 nodis 33″ 5‴ 4	$\overline{cis}$ + *) (23″ 1‴ 6 — 5‴ 6)	cum 1 nodo 34″
51″	$\bar{g}$ —	cum 3 nodis 50″ 2‴ 1	$\overline{dis}$ (20″ 6‴)	cum 2 nodis 51″ 3‴
67″	$\bar{g}$ —	cum 4 nodis 66″ 10‴ 8	$\bar{e}$ (19″ 4‴)	cum 3 nodis 67″ 6‴
83″	$\bar{g}$ —	cum 5 nodis 83″ 7‴ 5	$\bar{f}$ — (18″ 3‴ 24 + 2‴, 09)	cum 4 nodis 83″
100″	$\bar{g}$ —	cum 6 nodis 100″ 4‴ 2	$\bar{f}$ (18″ 3‴ 24)	cum 5 nodis 100″, 5‴ 82

*) Signorum — et + hac in tabula hoc modo rationem habui. Sonus $\bar{g}$ a *tubo aperto* 16″ 3‴ 3 longo profertur. Aestimavi, *tubum apertum*, qui sonum $\bar{g}$ — protulisset, 5‴ 4 fuisse longiorem, h. e. 16″ 8‴ 7 fuisse longum. Quare in tabula sono $\bar{g}$ subscripsi 16″ 3‴ 3, et signo — subscripsi + 5‴, 4. Ex hoc utroque numero invicem addito computavi numeros columnae tertiae. Simili modo signi + rationem habui. Exempli causa sonus $\overline{cis}$ a *tubo aperto* 23″ 1‴ 6 longo profertur. Aestimavi, *tubum apertum*, qui sonum $\overline{cis}$ + protulisset, 5‴ 6 fuisse breviorem, h. e. 22″ 8‴ fuisse longum. Ex hac vero longitudine in columna ultima longitudinem *tubi tecti* cum *uno nodo* oscillantis = 34″ repetii.

Facile ex hac tabula coguoscitur, *columnam aëris instrumento nostro comprehensam in sono illo acutissimo*, qui sono $\bar{g}$ proximus est, 1, 2, 3, 4, 5 et 6 *habuisse longitudinem tubi aperti eundem sonum tanquam sonum fundamentalem proferentis; columnam vero aëris instrumento nostro comprehensam in sonis gravioribus, una cum illo acutissimo prolatis*, $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, $4\frac{1}{2}$ et $5\frac{1}{2}$ *habuisse longitudinem tuborum apertorum eosdem sonos tanquam sonos fundamentales proferentium.*

Has ipsas leges experimentis comprobare apud animum proposueramus, atque ex iis, quae hactenus explicuimus, elucet, sonum *tubi linguati maxime acutum* oscillatione aëris proferri, quae fit secundum legem *tuborum apertorum (Labialpfeifen)*; et sonos *tubi linguati graves* oscillatione aëris proferri, quae fit secundum legem *tuborum contectorum (gedackte Orgelpfeifen).* Deinde ex illa tabula cognoscitur, in tubis lamina libera instructis numerum partium columnae aëris separatim oscillantium sane posse augeri (in tabula illa ab una parte usque ad sex partes), et tubos lamina libera instructos hactenus sonos *aliquotos* proferre; sed sonos aliquotos inde proferri non posse *subdivisione* quadam partium oscillantium, qua ex una sectione, quae separatim oscillabat, duae vel tres partes aequales separatimque oscillantes conformentur.

Experimentorum series hac §. proposita propter magnum sonorum aliquotorum seu harmonicorum numerum, quem e tubo lamina libera instructo elicuimus, memoratu est digna.

§. 13.

Hac denique paragrapho has leges experientia comprobabo.

No. 10. *Si tubum linguatum in partes aequales dividis, ea quidem longitudine, qua tubus apertus, sonum linguae proferens, est, sique restat pars minor quam dimidia illa longitudo, non admodum erras, si sonum tubi linguati aequalem sumis sono linguae separatim oscillanti proprio, eoque minus erras, quo minor illa pars restans est.*

No. 11. *Sin autem pars major quam dimidia illa longitudo restat, non admodum erras, si sonum tubi linguati secundum legem tuborum tectorum constituis, ita, ut e sonis, quos tubus tectus longitudine tubi linguati edere potest, eum eligis, qui est gravior quam sonus linguae, simul vero sono linguae proximus. Haec lex eo minus fallit, quo major illa pars restans est* *).

Experimentorum series, ad quam exponendam nunc progredimur, eodem tubo linguato, Fig. 3. delineato pag. 11. descripto instituebatur. Pars laminae tubo affixa et

*) Longum est hac dissertatione leges explicare, quibus etiam hi parvi errores evitantur. Id autem fiet in opere anno currente edendo, quod pag. 10. commemoravi.

adglutinata, *forcipe (kleinem Handschraubstocke, étau à main)* ad tubum *(Kelle)* ita apprimebatur, ut affixa laminae pars plane immobilis redderetur, et liberam laminae partem solam oscillare certissimum esset. Hoc modo laminam figendi sonus instrumenti purissimus reddebatur. Flumen aëris, vel vehementius vel lenius, sonum excitans, altitudinem omnino nihil mutabat.

E seriebus experimentorum ante enarratis intelleximus, *tubum linguatum* sonos a g usque ad $\overline{g}$ proferre; aëris columnam tubo comprehensam in sonis a g usque ad $\overline{e}$ aequalem esse longitudini tubi alterutra extremitate contecti, eundem sonum prodentis, in sonis $\overline{f}$ et $\overline{fis}$, multiplo quodam *tuborum apertorum* hos sonos prodentium subtracto, tubi partem, quae restet, aliquantulum fore minorem dimidiâ tubi illius vulgaris longitudine; *tubum* denique *linguatum* sonum $\overline{g}$ proferre non desistere, donec dimidia illa tubi vulgaris $\overline{g}$ proferentis pars omnino evanuerit.

Qua experientia ducti, aëris columnae, *tubo linguato* comprehensae, has deinceps longitudines dedimus. Brevitatis causa *longitudines* tuborum apertorum simpliciter oscillantium, destinatos sonos proferentium, *sonorum* nominibus nunc appellabimus. Longitudines igitur, quae columnae aëris in experimentis exponendis dabuntur, hae sunt:

$2\frac{1}{2}\,\overline{g}$ *) $= 40''' \; 8''' \; 2$
$2\,\overline{g} = 1\frac{1}{2}\,\overline{d} = 32'' \; 6''', 6$
$1\frac{1}{2}\,\overline{dis} = 30'' \; 9''', 1$
$1\frac{1}{2}\,\overline{e} = 29'' \; 0''', 3$
$1\frac{1}{2}\,\overline{f} = 27'' \; 4''', 8$
$1\frac{1}{2}\,\overline{fis} = 25'' \; 10''' \; 4$
$1\frac{1}{2}\,\overline{g} = 24'' \; 4''', 9$
$1\,\overline{g} = \frac{1}{2}\,g = 16'' \; 3''', 3$
$\frac{1}{2}\,gis = 15'' \; 4''', 3$
$\frac{1}{2}\,a = 14'' \; 6'''$
$\frac{1}{2}\,ais = 13''' \; 8'', 25$
$\frac{1}{2}\,h = 12'' \; 11'''$
$\frac{1}{2}\,\overline{c} = 12'' \; 2''', 3$
$\frac{1}{2}\,\overline{cis} = 11'' \; 6''', 8$
$\frac{1}{2}\,\overline{d} = 10'' \; 10''', 3$
$\frac{1}{2}\,\overline{dis} = 10'' \; 3'''$
$\frac{1}{2}\,\overline{e} = 9'' \; 8''', 1$
$\frac{1}{2}\,\overline{f} = 9'' \; 1''', 6$
$\frac{1}{2}\,\overline{fis} = 8'' \; 7''', 4$
$\frac{1}{2}\,\overline{g} = 8'' \; 1''' \; 6$

*) $\overline{g}$ indicat longitudinem tubi utroque fine aperti, qui oscillans sonum $\overline{g}$ prodit cet.

Sonos, quos tubus linguatus hac columnae aëris longitudine protulit, diligentissime definivimus. Quod ut fieri posset, chordam orichalceam tenuissimamque (No. 9.) 12'' longam accuratissime ponderavi librâ ex apparatu physico universitatis nostrae, quam Cel. Schweiggerus, qui et in hac et in ceteris disquisitionibus a me susceptis praecipue me adjuvit, una cum ponderibus normalibus in Francogallia nunc usitatis (*Kilogramma* ejusque partes aliquotas maxime subtiles) ab Abelio, mechanico Gottingensi, fabricatis, mihi suppeditaverat. Quo facto, chorda in modum perpendiculi suspendebatur, et ponderibus illis Francogallicis magis magisque tendebatur, donec eundem proferebat sonum, quem *tubus linguatus*. Quum chordae et longitudinem et pondus comperta haberemus, itemque videremus, quo pondere ipsa esset tensa, inde numerum oscillationum chordae quoque minuto secundo conclusimus, qui etiam convenire debebat cum numero oscillationum a *tubo linguato* quoque minuto secundo peracto.

Quae chorda, quum ita tensa esset, ut sonum *tubi linguati* accuratissime proferret, pondus eam tendens tantillum minuebatur, donec sonorum chordae et tubi diversitas animadverteretur. Deinde idem pondus tantillum adauctum est, donec sonorum chordae et tubi diversitas etiam hoc modo perciperetur. Si constituuntur numeri oscillationum his ponderibus chordam tendentibus extremis convenientes, et his duobus numeris numerus invenitur medius et proportionalis, is accuratissime indicat osciliationum numerum a tubo linguato quoque minuto secundo effectum. Eaque accuratissima sonos definiendi ratione in experimentis jam exponendis usus sum: Primum dabo Figuram 18., qua *tubus linguatus* delineatus est, et partes ab eo deinceps abscissae lineis horizontalibus indicatae, et loco sonorum, quos in prioribus Figuris adnotaveram, numeros oscillationum a *tubo linguato* quoque minuto secundo effectarum adnotatae sunt.

In tabulae haec experimenta comprehendentis inscriptione longitudinem pondusque chordae, quam ad sonum tubi lamina instructi definiendum adhibuimus, indicamus. — In prima tabulae columna indicamus longitudinem columnae aëris instrumento comprehensae *duplici* quidem modo, partim numero partium aliquotarum pedis Parisiensis, partim numero longitudinum tuborum utroque fine apertorum, certos sonos fundamentales proferentium. Quas longitudines tuborum apertorum literis indicamus iisdem, quibus soni ab iis prolati appellantur. — In altera tabulae columna indicamus pondus chordam tendens, quum sonus chordae cum sono *tubi linguati* non quidem conveniebat, sed sic erat propinquus, ut alter ab altero vix distingueretur. Sonus chordae sono instrumenti duplici modo proprior fieri poterat, si vel hic vel ille fuerat acutior. Pondus chordam tendens ad priorem sonorum approximationem necessarium in tabula primum obtinuit locum, pondus chordam tendens ad alteram sonorum approximationem necessarium in tabula secundum obtinuit locum. — Tertia tabulae columna comprehendit oscillationum numeros sonis *tubi linguati* convenientes, experimentis hisce nostris inventos. — Quarta tabulae columna comprehendit oscillationum numeros, qui ex legibus pag. 31 et 32. expositis conclusi

sunt, eosque etiam adnotavimus in sonis $\bar{fis}$ et $\bar{f}$, quos legem illam non sequi, sed non multum ab ea aberrare, supra expositum est. —

Tabula VII.

de sonis tubi linguati, cui tubi lignei diversa longitudine applicati sunt, si sonus modo Fig. 8. *indicato profertur. Chordae orichalceae ad definiendam sonorum altitudinem adhibitae pars libere oscillans* 12″ *erat longa, et* 0,082911 *grammatis (gramme) erat pondus hujus partis chordae.*

Columna I. Longitudo columnae aëris instrumento comprehensa.	*Columna* II. Pondera tendentia quum sonus chordae tantillum vel erat gravior	vel acutior sono instrum.	*Columna* III. Numerus oscillationum soni instrumenti experimentis inventus.	*Columna* IV. Numerus oscillationum instrumenti ex legibus pag. 31. et 32. expositis conclusus.
$2\frac{1}{2}\,\bar{g}$ *) = 40″ 8‴, 2	658 grammes	673 gr.	738, 6	776
$2\frac{1}{4}\,\bar{g}$ = 36″ 7‴, 5	695 gr.	717 gr.	760, 6	776
$2\,\bar{g}$ = 32″ 6‴, 6	710 gr.	754 gr.	774, 1	776
$1\frac{1}{2}\,\bar{d}$ = 32″ 6‴, 6	395 gr.	406 gr.	567, 1	574, 7
$1\frac{1}{2}\,\bar{dis}$ = 30″ 9‴, 1	454 gr.	479 gr.	618, 2	608, 8
$1\frac{1}{2}\,\bar{e}$ = 29″ 0‴, 3	476 gr.	519 gr.	638, 3	645, 0
$1\frac{1}{2}\,\bar{f}$ = 27″ 4‴, 8	549 gr.	578 gr.	679, 4	683, 4
$1\frac{1}{2}\,\bar{fis}$ = 25″ 10‴, 4	586 gr.	645 gr.	700	724, 0
$1\frac{1}{2}\,\bar{g}$ = 24″ 4‴, 9	636 gr.	666 gr.	730, 4	776
$1\frac{1}{4}\,\bar{g}$ = 20″ 4‴, 2	691 gr.	706 gr.	756, 7	776
$1\,\bar{g}$ = 16″ 3‴, 3	724 gr.	744 gr.	775, 7	776
$\frac{1}{2}\,g$ = 16″ 3‴, 3	169 gr.	198 gr.	386, 7	383, 5
15″ 4‴, 3	724 gr.	754 gr.	778, 1	767, 1
$\frac{1}{2}\,gis$ = 15″ 4‴, 3	194 gr.	231 gr.	416, 4	406, 4
$\frac{1}{2}\,a$ = 14″ 6‴	223 gr.	256 gr.	442, 7	430, 5
$\frac{1}{2}\,ais$ = 13″ 8‴, 25	253 gr.	271 gr.	462, 9	456, 1
$\frac{1}{2}\,h$ = 12″ 11‴	269 gr.	297 gr.	481, 1	483, 2
$\frac{1}{2}\,\bar{c}$ = 12″ 2‴, 3	300 gr.	359 gr.	518, 5	512, 0
$\frac{1}{2}\,\bar{cis}$ = 11″ 6‴, 8	359 gr.	388 gr.	552, 8	542, 4
$\frac{1}{2}\,\bar{d}$ = 10″ 10‴, 3	402 gr.	463 gr.	594, 7	574, 7
$\frac{1}{2}\,\bar{dis}$ = 10″ 3‴	461 gr.	490 gr.	624, 2	608, 8
$\frac{1}{2}\,\bar{e}$ = 9″ 8‴, 1	527 gr.	549 gr.	663, 8	645, 1
$\frac{1}{2}\,\bar{f}$ = 9″ 1‴, 6	534 gr.	563 gr.	670, 5	683, 4
$\frac{1}{2}\,\bar{fis}$ = 8″ 7‴, 4	549 gr.	585 gr.	681, 5	724, 0
$\frac{1}{2}\,\bar{g}$ = 8″ 1‴, 6	607 gr.	666 gr.	721, 9	776
$\frac{1}{4}\,\bar{g}$ = 4″ 0‴, 8	688 gr.	724 gr.	760, 5	776
$\frac{1}{8}\,\bar{g}$ = 2″	717 gr.	754 gr.	776, 1	776

*) $\bar{g}$ indicat longitudinem tubi utroque fine aperti, qui oscillans sonum g prodit.

Hac denique tabula leges pag. 31. enunciatas omnes optime comprobatas habemus, nam discrimen decem oscillationum inter 750 in ejusmodi numeris ex pluribus experimentis repetitis et conclusis, vix evitari potest.

§. 14.

His experimentis expositis, methodum generalem demonstrabo ex omnibus legibus, per experimenta comprobatis, hucusque expositis, collectam, qua sonus cujuscunque *tubi linguati*, ita comparati, ut §. 13. praescriptum est, praedici potest.

Tubus linguatus nullum continet corpus, quod, quibus ex legibus moveatur, omnino ignoretur. Leges motuum regularium, e quibus aër in tubis movetur, cognitae sunt. Item leges oscillationum regularium laminarum rigido-elasticarum sunt inventae. Itaque, quum corpora oscillantia in *tubo linguato* partim aëris columna sit, partim lamina rigido-elastica; non est, quod in observandis ejus sonis leges exspectemus, ab iis, quae in acustica adhuc cognitae sunt, plane diversas; imo, jure exspectas, leges, quas soni *tubi linguati* sequantur, ex altera parte legibus laminarum rigido elasticarum fore similes, ex altera parte legibus oscillantium aëris columnarum. At leges laminarum elasticarum maxime differunt a legibus columnarum aëris. Quare videamus, quomodo utraeque conjungantur et accommodentur. De legibus laminarum et aëris oscillantium tria scire opus est, ad intelligandam legem generaliorem *tuborum linguatorum*

1) De legibus *laminarum* oscillantium, nihil scire opus est, nisi quot oscillationes lamina *tubi linguati* alterutra extremitate infixa, si separatim oscillat, quoque minuto secundo perficiat. Indicabo longitudinem *tubi aperti* totidem oscillationes peragentis, quot haec lamina separatim oscillans, pedibus Parisiensibus expressam, litera a.

2) De legibus aëris in tubis oscillantis *primum* scire opus est, quot oscillationes columna aëris *tubi linguati*, ablatâ linguâ, et apertis finibus quoque minuto secundo perficiat.

Hic oscillationum numerus est $= \frac{a}{l} 1010 \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$, ubi

t, numerum graduum caloris secundum Réaumur indicat

l, longitudinem tubi pedibus Parisiensibus expressam, et

n, numerum nodorum indicat.

$1010 \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$ est via, quam undae sonum propagantes quoque minuto secundo per aërem permeant.

3) De legibus aëris in tubis oscillantis *deinde* scire opus est, quot oscillationes columna aëris *tubi linguati*, si in *tubo* alterutra extremitate *clauso* versaretur, quoque minuto secundo perficeret.

Hic oscillationum numerus est $= \frac{2n+1}{2l} 1010 \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$.

His tribus legibus praemissis, numerum oscillationum, qui a quolibet *tubo linguato* ita comparato, ut §. 13. praescriptum est, perficiuntur, cognoscimus

$$\frac{4\,l + a - 2\,r \pm (a - 2\,r)}{4\,l\,a}\; 1010\, \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$$

ubi nihil explicandum est, nisi litera *r*. Si dividis longitudinem *tubi linguati* longitudine *a* (pag. 35. No. 1. explicita), restat longitudo *r*. Haec longitudo *r* vel major, vel minor, vel aequalis est longitudini $\frac{1}{2}\,a$. In formula superiore signum superius adhiberi debet, si *r* superat $\frac{1}{2}\,a$, et signum inferius, si $\frac{1}{2}\,a$ majus est quam *r*.

Primum quatuor de hac formula adnotationes adjiciam, deinde eandem legem verbis exprimam.

1) Quo magis differt *r* ab $\frac{1}{2}\,a$, eo rectior est formula illa, sive *r* majus, sive minus sit quam *a*. Etiam si $r = \frac{1}{2}\,a$, error ex hac formula ortus parvus est. Sin autem *r* vel $= o$, vel $= a$, formula rectissima cognoscitur. Vid. lex No. 10 et 11. pag. 31. In libro anno currente, ut pag. 31. in nota dixi, edendo, formulam dabimus omni errore carentem, quam hic explicare longum est.

2) Modo explicui, quando ex signis $\pm$ hujus formulae, signum $+$ et quando signum $-$ sumendum sit; nimirum $+$ si *r* majus, signum $-$ si *r* minus est quam $\frac{1}{2}\,a$. Quod vero sumendum est signum, si $r = \frac{1}{2}\,a$? Quodlibet sumas, idem accipies oscillationum numerum.

3) Denique, quando $r = o$, ex lege modo commemorata signum $-$ est sumendum; sed facile est ad intelligendum, *r* tum etiam poni posse $= a$, et, si $r = a$, ex lege eâdem signum $+$ est sumendum. Quare tum duo soni e *tubo linguato* elici possunt, quorum alter signo $-$, et $r = o$, alter signo $+$ et $r = a$ definitur. Sonus, qui signo $-$, et $r = o$ definitur, semper est idem, nimirum sonus linguae separatim oscillantis,

sive sit $l = o$
sive $= a$
sive $= 2\,a$
sive $= 3\,a$ cet.

nam formula semper erit $\frac{1}{a}\, 1010\, \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$,

quae sonum laminae separatim oscillantis indicat. Vid. pag. 14. (1.)

Sonus autem, qui signo $+$, et $r = a$ indicatur diversus est, si *l* vel $= a$ *)
vel $= 2\,a$
vel $= 3\,a$

Nam tum formula erit

vel $= \frac{1}{2\,a}\, 1010\, \sqrt{1 + 0{,}0046875.\ t}$., quae sonum *octavâ* graviorem sono linguae indicat;

*) Si $l = o$, et $r = a$ sumere velles, numerum oscillationum $= - \infty$ invenires, quod indicaret, nullum omnino sonum hoc modo oriri posse.

vel $= \frac{3}{4a} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t}$, quae sonum *quartâ* graviorem sono linguae indicat;

vel $= \frac{5}{6a} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t}$, quae sonum *tertia minore* graviorem sono linguae indicat;

cet. Vid. pag. 30.

4) Ex formula facile intelligitur, sonum *tubi linguati* nunquam esse acutiorem quam sonus linguae separatim oscillantis, et nunquam graviorem, quam *octava* gravior soni linguae.

Nam a) si signum — sumis, si igitur $r < \frac{1}{2} a$, sonus secundum formulam semper est sonus linguae, ex veritate autem tantum si $r = o$ sonus est plane eadem altitudine qua sonus linguae, et quo magis r aequat $\frac{1}{2} a$, eo gravior erit sonus tubi, sed haec depressio tam parva est, ut, si negligas, non admodum erres. Vid. lex No. 10 et 11. pag. 31.

b) si signum + sumis, si igitur $r > \frac{1}{2} a$, et appellas ϱ differentiam inter r et $\frac{1}{2} a$, formula erit haec: $\frac{1}{a} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t} - \frac{\varrho}{al} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t}$, unde intelligitur, numerum oscillationum semper esse minorem, quam numerus oscillationum soni linguae, qui est $= \frac{1}{a} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t}$

Porro valor maximus longitudinis $\varrho = \frac{1}{2} a$ et valor minimus longitudinis l, si $\varrho = \frac{1}{2} a$ est $l = a$ quare numerus minimus, quem haec formula exprimere potest, est

$$\frac{1}{2a} 1010 \sqrt{1 + 0,0046875.\ t},$$

h. e. *tubus linguatus* sonum non graviorem profert, quam sonum *octavâ* graviorem sono linguae. Vid. nota pag. 22.

Legem, ex qua numerus oscillationum *tubi linguati* invenitur, quam modo signis mathematicis expressi, nunc etiam verbis hoc modo eloquar.

Certo quodam tubo linguato dato, primum investiga sonum laminae separatim oscillantis; deinde quaere, quoties contineat longitudo tubi linguati longitudinem tubi aperti, eundem sonum, quem lamina, tanquam sonum fundamentalem proferentis, et quid restet, si illa longitudo hac dividatur. Ex responsione apparet 1) *quis sit in tubo linguato sectionum separatim oscillantium nodisque invicem secretorum numerus. Nam quoties illa longitudo hanc continet, toties sunt sectiones separatim oscillantes, si nihil restat; sin autem pars restat, numerus sectionum separatim oscillantium una augeri debet;* 2) *num pars restans major an minor sit dimidia tubi aperti longitudine. Si minor est, sonus tubi linguati sono linguae aequalis est, si parvas differentias non curamus. Si major est, sonus tubi linguati aequalis est sono tubi tecti aeque longi, qui in totidem sectiones per totidem nodos divisa oscillat.*

§. 15.

Secundam hanc dissertationis partem concludamus conspectu omnium legum, quae non solum de prima classe methodorum sonos e *tubis linguatis* eliciendi valent, sed etiam de altera et tertia classe. Vid. pag. 7. 99.

Enumeravimus pag. 7. tres classes, sonum e *tubo linguato* eliciendi. *Prima* ea fuit, qua flumen aëris per tubum missum, linguam foramini admoveret. Leges, quas tales *tubi linguati* sequuntur, exposuimus. *Altera* classis ea fuit, qua flumen aëris per tubum missum linguam a foramine amoveret.

In *tubis linguatis* hujus utriusque classis flumen aëris per tubum mittatur necesse est. *Tertia* est classis methodorum, sonum e *tubis linguatis* eliciendi, qua flumen aëris per tubum mittatur non necesse est. Vid. pag. 9. *Tubi linguati* hujus tertiae classis ideo memoratu dignissimae sunt, quod nonnunquam leges tuborum *in utraque extremitate* plane clausorum sequuntur, cujus generis neque tubi, neque oscillationes, neque soni hucusque observati vel inventi erant; ad hoc enim usque tempus nullo pacto effici poterat, ut aër, in tubo angusto, utraque extremitate clauso comprehensus, sonaret.

Multum interest, de omnibus his tribus classibus leges exponere, ex quibus sonus cujusque *tubi linguati* praedici possit.

1) De *tubis linguatis* primae classis jam verbis expressi ad finem § antecedentis, quomodo soni eorum antea constitui possint.

2) De *tubis linguatis* alterius classis soni hoc modo determinari et praedici possunt. *Certo quodam tubo linguato dato, primum investiga sonum laminae separatim oscillantis; deinde quaere, quoties contineat longitudo tubi linguati longitudinem tubi aperti eundem sonum, quem lamina, tanquam sonum fundamentalem proferentis, et quid restet, si illa longitudo hac dividatur. Ex responsione apparet:* 1) *quis sit in tubo linguato numerus nodorum. Nam quoties illa longitudo hanc continet, toties sunt nodi;* 2) *num pars restans major an minor sit dimidia tubi longitudine. Si major est, sonus tubi linguati sono linguae aequalis est, si parvas differentias non curamus. Si minor est, sonus tubi linguati aequalis est sono tubi tecti aeque longi, qui per totidem nodos divisus oscillat.*

3) De *tubis linguatis* tertiae classis soni hoc modo determinantur et praedicuntur. *Certo quodam tubo linguato dato, investiga sonum linguae et quaere, quoties contineat longitudo tubi linguati longitudinem tubi aperti, eundem sonum, quem lamina, proferentis. Ex responsione apparet:* 1) *quis sit in tubo linguato numerus nodorum. Nam quoties illa longitudo hanc continet, toties sunt sectiones separatim oscillantes, si nihil restat, aut si minus restat dimidia tubi longitudine; si plus restat dimidia tubi longitudine, numerus sectionum separatim oscillantium una augeri debet;* 2) *num pars restans major an minor sit dimidia tubi longitudine. Si major est, sonus tubi linguati sono linguae*

aequalis est, si parvas differentias non curamus. Si minor est, sonus tubi linguati aequalis est sono tubi in utraque extremitate plane clausi, aeque longi, qui in totidem sectiones oscillantes divisus est.

Hae tres trium classium *tuborum linguatorum* leges ita sunt comparatae, ut una lege generali comprehendi possint. Nam ex prima lege numerus oscillationum, a *tubo linguato primae classis* quoque minuto secundo perfectus,

$$\text{est} = \frac{4l + a - 2r \pm (a - 2r)}{4al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$$

Ex lege altera numerus oscillationum, a *tubo linguato secundae classis* quoque minuto secundo perfectus, est $= \frac{4l + 2r - a \pm (2r - a)}{4\,al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$

Ex lege tertia denique numerus oscillationum a *tubo linguato tertiae classis* quoque minuto secundo perfectus, est $= \frac{l - \frac{1}{2}r \pm \frac{1}{2}r}{al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$, quod etiam hoc modo exprimi potest, $= \frac{4l - 2r \pm 2r}{4\,al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$

Duae leges duarum primarum classium *tuborum linguatorum* hac una lege generali comprehendi possunt: $N = \frac{4l \pm (a - 2r \pm (a - 2r))}{4\,al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$

Litera N indicat numerum oscillationum a *tubo linguato* quoque minuto secundo perfectarum. Signum + ante parenthesin valet pro classe prima *tuborum linguatorum*, et signum — pro classe secunda.

Omnes tres leges omnium trium classium *tuborum linguatorum* eadem lege universali comprehendi possunt, $N = \frac{4l \pm (a - 2r \pm (a - 2r))}{4\,al} \, 1010\sqrt{1 + 0{,}0046875.\, t}$, sed in hac lege maxime generali litera r non simpliciter longitudinem partis *tubi linguati* indicat, quae restat, si longitudine a dividitur, sed r *indicat eam partem tubi linguati, qui abscindi debet a tubo linguato, si hic sonum linguae, linguâ abjectâ, proferre debet.*

Denique de omnibus his legibus adjicio has adnotationes:

1) Ex uno eodemque instrumento linguato, si cum eo tubi diversae longitudinis conjunguntur, ope trium classium methodorum sonos proferendi, tres series sonorum plane diversae elici possunt, quae autem omnes certam quandam rationem habent ad sonum linguae instrumenti linguati. Nam 1) hic sonus linguae seu instrumenti linguati est in serie prima *sonorum methodis primae classis prolatorum limes superior* sonorum, quem etiam soni acutissimi hujus seriei transgredi nequeunt; 2) idem sonus linguae seu instrumenti linguati est in serie secunda *sonorum methodis secundae classis prolatorum limes inferior* sonorum, quem etiam soni maxime graves hujus seriei transgredi ne-

queunt; 3) idem denique sonus linguae seu instrumenti linguati est in serie tertia *sonorum methodis tertiae classis prolatorum* rursum limes superior sonorum, quem etiam soni acutissimi hujus seriei transgredi nequeunt.

2) Harum trium sonorum serierum quaeque e duabus constat partibus; dimidia sonorum pars proxima est sono linguae seu *instrumenti linguati.* Altera pars dimidia sonorum celeriter a sono linguae seu *instrumenti linguati* recedit. Nam si a *tubo linguato* particulae iterum iterumque absecantur, usque pars absecta sit longitudine $\frac{1}{2}$ *a*, et, quaque particula abscissa, sonus elicitur, et si haec successiva absectio longitudinis $\frac{1}{2}$ *a* repetitur; omnes soni alternis vicibus nunc sono linguae seu *instrumenti linguati* proximi perseverant, nunc celeriter ab hoc sono recedunt.

3) Inde intelligitur, quantum in his tribus sonorum seriebus sonus linguae seu *instrumenti linguati* regnet, quum certe dimidia sonorum pars, qui in universum a *tubo linguato* edi possunt, sono *instrumenti linguati* proxima sit. Etiam adnotandum est, sonum *tubi linguati* quocunque modo elicitum aequalem esse sono linguae seu *instrumenti linguati*, cum, si tubus tam brevis redditur, ut tandem evanescat, tum, si tubi longitudo tanta est, ut longitudo *tubi aperti* sonum linguae tanquam sonum fundamentalem proferentis cum illa comparari non possit.

EXPLICATIO FIGURARUM.

Fig. 1. *Siren*, a Caignard Latour inventa. p. 2.

Fig. 2. *Instrumentum linguatum* e tabula metallica perforata factum. p. 4.

Fig. 3. *Instrumentum linguatum* e brevi tubo factum. p. 4.

Fig. 4. *Instrumentum linguatum* e brevi tubo factum, cui lingua in altera extremitate firmissime infixa est. p. 4.

Fig. 5. *Instrumentum linguatum* e brevi tubo factum, cujus lingua per forcipem tubo apprimitur et hac re ita firmatur, ut haec linguae extremitas plane immobilis reddatur. p. 5.

Fig. 6. *Instrumentum linguatum*, quo pericula in libro nostro, Wellenlehre inscripto, p. 521 enarrata, facta sunt. Hoc instrumentum canali *e* inclusum est. Lingua ejus *bb* per corpus *g* et elaterem ferreum *i* tubo apprimitur. Corpus *g* per cochleam *h* promoveri et removeri, potest ita ut pars libera linguae longior breviorve reddatur. p. 10.

Fig. 7. *Tubus organi apertus.* p. 6.

Fig. 8. *Tubus linguatus*, et methodus prima sonum in *tubo linguato* excitandi, (ad classem *primam* methodorum referenda) effigie illustrata. p. 7.

Fig. 9. Methodus altera, ad *primam* classem methodorum referenda. p. 8.

Fig. 10. Methodus tertia, ad *primam* classem methodorum referenda. p. 8.

Fig. 11. Methodus quarta, ad *secundam* classem methodorum referenda. p. 9.

Fig. 12. Methodus quinta, ad *secundam* classem methodorum referenda. p. 9.

Fig. 13. Methodus sexta, ad *tertiam* classem methodorum referenda. p. 9.

Fig. 14. Linea, axem tubi, per nodos in partes divisi, indicans. p. 15.

Fig. 15. *Tubus linguatus*, a quo particulae in locis, per lineas indicatis, abscindebantur. Soni a *tubo linguato* editi adscripti sunt. p. 20.

Fig. 16. *Tubus linguatus*, a quo particulae locis per lineas horizontales iudicatis, abscissae sunt. Soni a *tubo linguato* editi adscripti sunt, simul vero signis + et — indicatum, num sonus paulo acutior vel gravior sono adscripto fuerit. Parenthesis nonnunquam addita, indicat sonum tubi admodum vicinum fuisse sono adscripto. p. 24.

Fig. 17. Exprimit idem. p. 28.

Fig. 18. Exprimit idem. p. 29.

Tabula II.

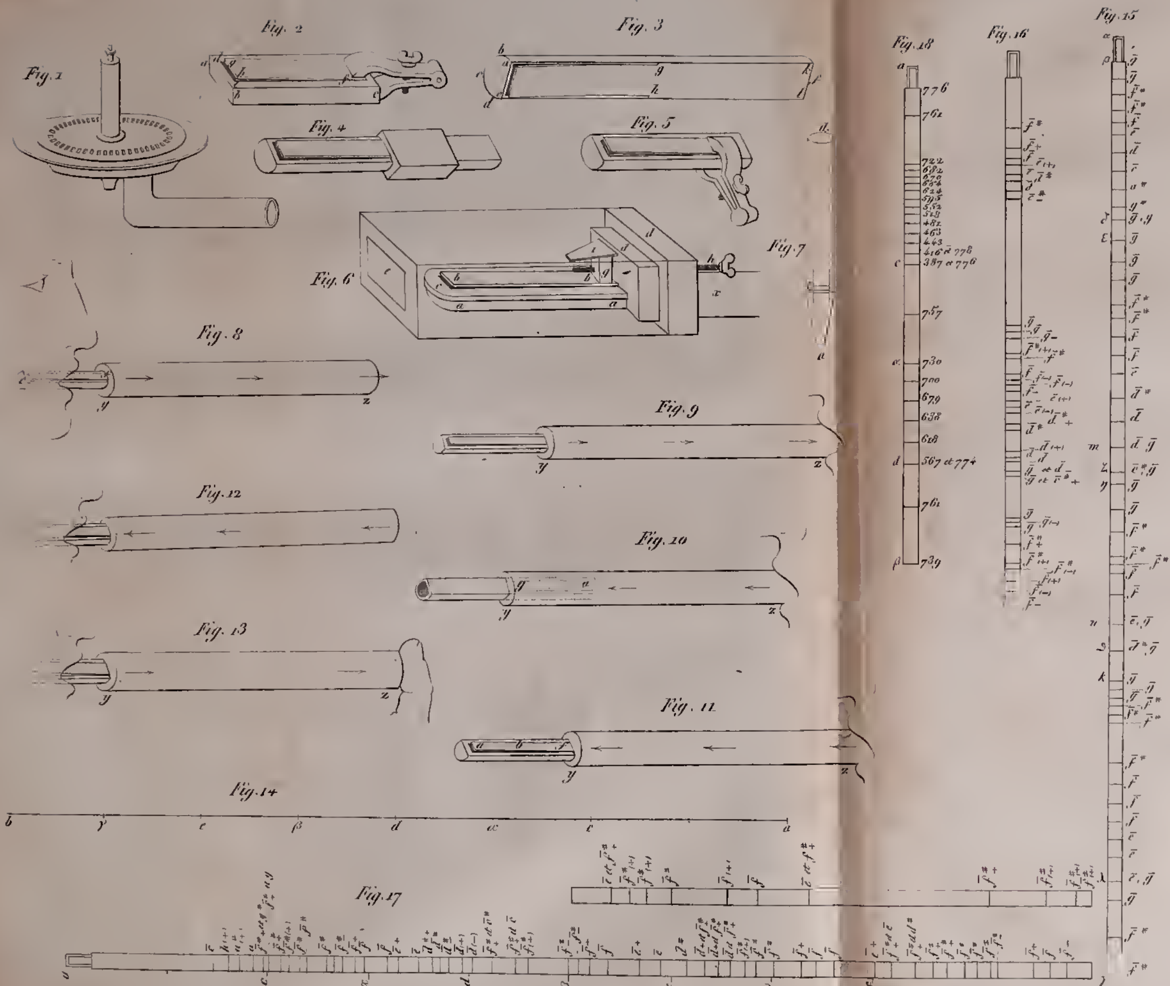
De sonis tubi linguati, si sonus modo Fig 8. pag. 7. descripto gignitur. Vid. pag. 21.

Columna I. Sonus tubi linguati.	*Columna* II. Numerus oscillationum illi sono quoque minuto secundo conveniens.	*Columna* III. Longitudo tubi vulgaris utroque fine aperti eundem sonum proferentis.	*Columna* IV. Longitudo prima columnae aëris in tubo linguato qua applicata sonus ille profertur.	*Columna* V. Longitudo secunda columnae aëris in tubo linguato qua applicata sonus ille profertur.	*Columna* VI. Haec longitudo columnae secunda aequalis est longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* VII. Longitudo tertia columnae aëris in tubo linguato qua applicata sonus ille profertur.	*Columna* VIII. Haec longitudo columnae tertia aequalis est duplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* IX. Longitudo quarta columnae aëris in tubo linguato qua applicata sonus ille profertur.	*Columna* X. Haec longitudo columnae quarta aequalis est triplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* XI. Longitudo quinta columnae aëris in tubo linguato qua applicata sonus ille profertur.	*Columna* XII. Haec longitudo columnae quinta aequalis est quadruplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.
$\bar{g}$	767	16″ 3‴3	2″usq.5″2‴	16″4‴usque 21″1‴	= 16″ 3‴3 + 4″ 9‴ 7	34″6‴ usque 39″4‴	= 2. 16″3‴3 + 6″9‴4	48″7‴ usq. 54″ 8‴	= 3. 16″ 3‴3 + 5″10‴1	70″ 2‴	= 4. 16″ 3‴3 + 5″ 0‴8
$\overline{fis}$	724	17″ 2‴9	7″ 2‴	23″ 6‴	= 17″ 2‴9 + 6″ 3‴1	42″	= 2. 17″ 2‴9 + 7″ 6‴2	59″ 8‴	= 3. 17″ 2‴9 + 7″ 11‴3	75″ 5‴	= 4. 17″ 2‴9 + 6″ 5‴4
$\bar{f}$	683½	18″ 3‴24	9″ 3‴	25″ 9‴	= 18″ 3‴24 + 7″ 5‴76	45″ 3‴	= 2. 18″ 3‴24 + 8″ 8‴5	62″ 9‴	= 3. 18″3‴24 + 7″11‴28		
$\bar{e}$	645	19″ 4‴27	9″ 7‴	28″ 6‴	= 19″ 4‴27 + 9″ 1‴73	48″ 7‴	= 2. 19″4‴27 + 9″10‴5	67″ 4‴	= 3. 19″4‴27 + 9″ 3‴2		
$\overline{dis}$	608¾	20″ 6‴08		30″ 6‴	= 20″ 6‴ + 10″	50″ 10‴	= 2. 20″ 6‴ + 9″ 10‴				
$\bar{d}$	574¾	21″ 8‴6	11″ 1‴	33″ 6‴	= 21″ 8‴6 + 11″ 9‴4						
$\overline{cis}$	542⅜	23″ 1‴6		36″ 5‴	= 23″ 1‴6 + 13″ 3‴4						
$\bar{c}$	512	24″ 4‴6	12,, 6‴								
h	483¼	25″ 10‴									
ais	456⅛	27″ 4‴48	14″								
a	430½	29″									
gis	406⅜	30″ 8‴6	15″ 5‴								
g	383½	32″ 6‴6	16″ 4‴								

Tabula VI.

De sonis tubi linguati, si sonus modo Fig. 8. indicato gignitur. Vid. pag. 29.

Columna I. Sonus tubi linguati.	*Columna* II. Numerus oscillationum illi sono quoque minuto secundo conveniens.	*Columna* III. Longitudo tubi utroque fine aperti, eundem sonum proferentis.	*Columna* IV. Longitudo prima columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Columna* V. Longitudo secunda columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Columna* VI. Haec longitudo columnae secunda aequalis est longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* VII. Longitudo tertia columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Columna* VIII. Haec longitudo columnae tertia aequalis est duplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* IX. Longitudo quarta columnae in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Columna* X. Haec longitudo columnae quarta aequalis est triplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* XI. Longitudo quinta columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertnr.	*Columna* XII. Haec longitudo columnae quinta aequalis est quadruplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.	*Columna* XIII. Longitudo sexta columnae aëris in tubo linguato, qua applicata, sonus ille profertur.	*Columna* XIV. Haec longitudo columnae sexta aequalis est quintuplici longitudini tubi aperti, eundem sonum proferentis, addita dimidia fere ejus longitudine.
$\overline{fis}$	724	17″2‴9		21″ 10‴	=17″2‴ 9 + 4″ 7‴ 1	39″ 6‴	=2.17″2‴ 9 + 5″ 0‴ 2	57″ 10‴	=3.17″2‴ 9 + 6″1‴ 3	75″ 8‴ 3	=4.17″2‴ 9 + 6″8‴ 7	92″ 4‴	=5.17″2‴ 9 + 6″ 1‴ 5
$\bar{f}$	683½	18″3‴24		26″ 3‴4	=18″3‴24 + 8″ 0‴16	44″ 4‴7	=2.18″3‴24 + 7″10‴22	62″ 1‴	=3.18″3‴24 + 7″3‴28	80″ 3‴	=4.18″3‴24 + 7″2‴28	99″ 4‴	=5.18″3‴24 + 7″11‴ 8
$\bar{e}$	645	19″4‴27		28″ 9‴	=19″4‴27 + 9″ 4‴73	48″ 6‴	=2.19″4‴27 + 9″ 9‴46	67″ 3‴	=3.19″4‴27 + 9″2‴19	86″ 5‴	=4.19″4‴27 + 9″	104″	=5.19″4‴27 + 7″ 2‴65
$\overline{dis}$	608¾	20″6‴08		30″ 8‴2	=20″6‴08 + 10″ 2‴12	51″	=2.20″6‴08 + 9″11‴84	70″	=3.20″6‴08 + 8″5‴92				
$\bar{d}$	574¾	21″8‴6		32″ 9‴5	=21″8‴ 6 + 11″ 0‴ 9	54″	=2.21″8‴ 6 + 10″9‴ 2						
$\overline{cis}$	542⅓	23″ 1‴6		35″	=23″1‴ 6 + 11″10‴ 4								
$\bar{c}$	512	24″4‴6	12″ 1‴5	37″	=24″4‴ 6 + 12″ 7‴ 4								
h	483¼	25″10‴	13″ 7‴										
ais	456	27″4‴48	14″ 3‴										
a	430½	29″	15″ 4‴6										
gis	[illegible]	30″ 8‴6	16″ 2‴6										


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18